

令和 2 年度

都城高専専攻科研究発表会・梗概集

日時 令和 2 年 12 月 18 日

場所 専攻科棟 2 階多目的ホール

日程表

時刻	内 容
10:30 10:45	開会 主催者挨拶
10:45 12:00	セッションⅠ 機械電気（機械）工学専攻 口頭発表（15 分×5 件）
12:00 13:00	休憩
13:00 13:45	セッションⅡ 機械電気（電気）工学専攻 口頭発表（15 分×3 件）
13:45 13:50	休憩
13:50 14:50	セッションⅢ 物質工学専攻 口頭発表（15 分×4 件）
14:50 15:00	休憩
15:00 16:00	セッションⅣ 建築学専攻 口頭発表（15 分×4 件）
16:00 16:10	閉会 主催者挨拶

セッションⅠ 口頭発表（15分×5件） 機械電気（機械）工学専攻

番号	時刻	タイトル	発表者 ページ番号
1	10:45	ソフトロボティクスを用いた新しいロボットハンドグリップの開発	専攻1年 荒武大地 P4～P5
2	11:00	多軸鍛造を施したAZ31マグネシウム合金の極低温下における引張破壊特性	専攻1年 野中海杜 P6～P7
3	11:15	AZ31Mg合金の円周切欠き付近における応力三軸度による延性破壊特性	専攻1年 廣池敬太 P8～P9
4	11:30	矩形サーモサイフォン凝縮部に着目した熱伝達特性に関する研究	専攻1年 福島聖 P10～P11
5	11:45	飢肥杉晩材部における引張挙動	専攻2年 結城秀麻 P12～P13

セッションⅡ 口頭発表（15分×3件） 機械電気（電気）工学専攻

番号	時刻	タイトル	発表者 ページ番号
1	13:00	LPWA 及び ToF センサを用いた飼料の残量測定及び回路の低消費電力化の検討	専攻2年 遠矢健太 P14～P15
2	13:15	戦略的な地産地消のための就農支援ツールの開発のためのデータ分析に関する研究	専攻2年 湯之前翔大 P16～P17
3	13:30	スマートミラーを用いた表情認識による体調推定法の確立	専攻2年 吉永一樹 P18～P19

セッションⅢ 口頭発表（15分×4件） 物質工学専攻

番号	時刻	タイトル	発表者 ページ番号
1	13:50	細胞骨格関連タンパク質の構造変化と機能について	専攻2年 岩川凌 P20～P21
2	14:05	酸化水酸化鉄を固定化したマイクロカプセルを用いたヒ素の吸着	専攻2年 黒木慎一 P22～P23
3	14:20	TiO ₂ によるスチレン誘導体とアセトニトリルからのγ-ケートニトリルの合成	専攻2年 後藤光貴 P24～P25
4	14:35	Pt/TiO ₂ 存在下でのアセトニトリルを用いたインドールの直接的シアノメチル化反応	専攻2年 中村隼人 P26～P27

セッションⅣ 口頭発表（15 分×4 件） 建築学専攻

番号	時刻	タイトル	発表者 ページ番号
1	15:00	地方都市に建つ免震建物における免震層内の調査研究	専攻2年 甲斐大也 P28～P29
2	15:15	400N級建築構造用鋼材のひずみエネルギー量のばらつきに関する基礎的研究	専攻2年 徳留光祐 P30～P31
3	15:30	地方都市における空間的ストック発生要因に関する研究—宮崎県都城市を対象として—	専攻2年 長友駆 P32～P33
4	15:45	ローマとアウグストゥス神殿におけるモールドイングの復元	専攻2年 匹田瑛志 P34～P35

ソフトロボティクスを用いた新しいロボットハンドグリッパの開発

Development of a new robot hand gripper by use of soft robotics

機械電気工学専攻 荒武 大地 (指導教員：土井 猛志)

ARATAKE Daichi, Advanced Course of Mechanical and Electrical Engineering,
NIT (KOSEN), Miyakonojo College

Abstract

In recent years, soft robotics based on flexible structures and materials is spotlighted again. In soft robotics, soft materials such as rubber are used. Most of the soft robot gripper used for the end actuator of the robot arm have a shape such as the human hand. However, it is difficult to grip a long object such as a pot and a bottle using it, and an exclusive gripper is necessary. In this paper, a gripper shaped like an elephant's trunk is proposed so that it can stably grip objects of various shapes including long objects. This gripper is made of silicone rubber and runs on compressed air. Through the experiment of the gripper which I produced experimentally, the relationship between positions of the load pressure and deformation direction and the relationship between pressure and deformation were investigated. As a result, it was confirmed to be able to deform the prototype gripper like an elephant's trunk. In addition, this gripper was able to grip the object of several kinds of different shapes.

Key Words : Soft robotics, Soft pneumatic gripper, Compressed air

1. はじめに

これまでのロボットは、硬質な手触りの金属で作られているものが大半である。一方で、ソフトロボティクスは柔らかい素材を用いてロボットを作ろうとする学問であり、近年注目を集めている^[1]。

この学問は食品加工現場や介護現場など、様々な分野への応用が期待されている。本研究ではロボットアームに取り付けられる物をつかむための新しいグリッパについて研究開発を行う。

2. 研究内容

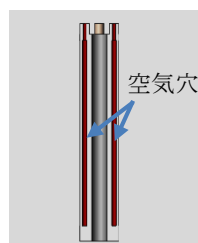
2. 1 本研究の主な概要

本研究で製作するグリッパは、人間の手のような形ではなく、象の鼻のような構造を持っている。それをロボットアームの先端に取り付け、様々な形状のものを巻き取るように把持、運搬することを目的としている。

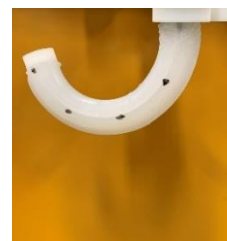
2. 2 動作原理および全体の構造

本研究で開発するグリッパは、同一曲率で曲がるシリコン棒を三段で連結させた構造とする。1 つ 1 つのシリコン棒には、その軸方向（長手方向）に同心円状に偏心配置した 4 つの空気穴（図 1.a：片側端部は閉鎖）を設け、開放側から圧縮空気を送り加圧する。その結果、空気穴部分が膨張し、この部分がシリコン棒の軸中心より偏心していることにより、

膨張していない部分と膨張している部分の体積差によってシリコン棒が曲がるように変形する（図 1.b）。



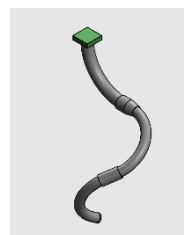
(a)軸方向の断面図



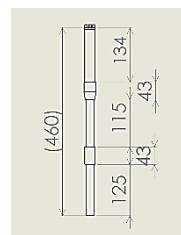
(b)加圧時の変形

図 1 動作原理

提案するグリッパは 3 段のシリコン棒を用いることから、圧縮空気を送る空気穴は全部で 12 個（一段あたり 4 穴×三段）あり、圧縮空気の流路と弁はそれぞれ 12 個ある。図 2 に試作した三段式グリッパの構造および寸法を示す。



(a)全体の構造



(b)各部寸法

図 2 全体の構造および寸法

2. 3 連結について

シリコン棒同士の連結は、シリコンゴムで製作したパーツを用いる。高い伸縮性を有するシリコンゴムの特性を生かして、脱着が可能なようにはめ合わせて連結している。各段のエアチューブは、シリコン棒の中空部を通して。連結部と配管について、図3に示す。

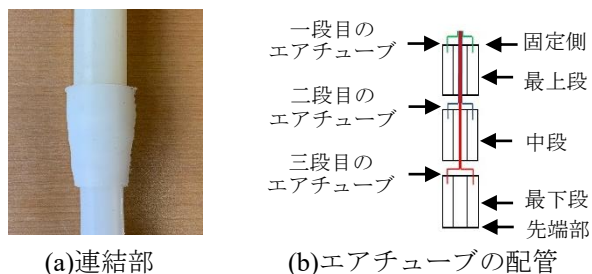


図3 連結部と配管

3. 製作

グリップはシリコンゴムで製作し、全長は約460mmで重量は173gである。表1にグリップの仕様、図4に完成したグリップを示す。

表1 グリップの仕様

圧縮空気の使用範囲	ゴム硬度	流路
0~0.35MPa	18	12本

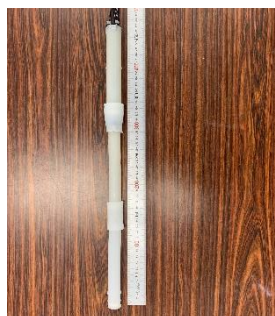


図4 完成したグリップ

4. 評価と考察

4. 1 シリコン棒の加圧穴と変形方向の関係

シリコン棒に加圧した際に変形する方向は圧縮空気を送る空気穴の反対の方向となる(図5)。2つの空気穴に圧縮空気を送ると、圧縮空気を送った2つの空気穴の反対の方向へ変形する(図6)。

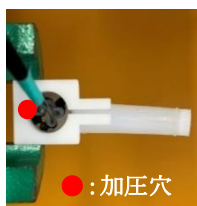


図5 1つの空気穴



図6 2つの空気穴

4. 2 シリコン棒の圧力と変形量の関係

シリコン棒の空気穴に圧縮空気を送ると、ほぼ同一曲率で変形をする。送る圧縮空気の圧力を高くすると、変形量は大きくなる(図7, 8)。また、圧縮空気を送る空気穴の数を1つではなく2つにすると、同じ圧力でも変形量が大きくなる。



図7 0.10MPa 加圧

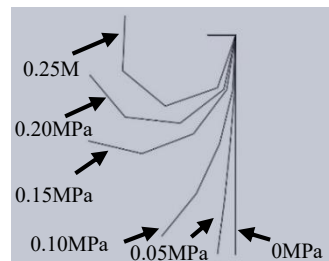
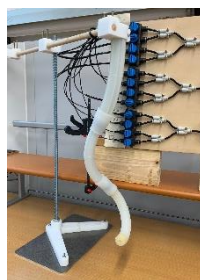


図8 圧力と変形量

4. 3 三段連結時のグリップの動作

シリコン棒を三段連結させ動作させたときのグリップの様子を図9に示す。製作したグリップは象の鼻のような動きを実現できている。



(a)動作の様子



(b)把持の様子

図9 グリップの動作の様子

4. 4 電磁弁を用いたときのグリップの動作

電磁弁とジョイスティックコントローラを用いてグリップの操作を行った。以前より動作が滑らかで、自由度の高い操作性を実現できた。

5. 結言

成形したシリコンゴムと圧縮空気を用いることで、象の鼻のような動きをするグリップを作成することができた。また、その一部に対しコントローラを用いて操作することもできた。今後、グリップ全体に対しコントローラを用いて制御し、さらにグリップに各種センサを取り付けることで、より正確に物体の把持が実現できるよう能力向上を図る予定である。

参考文献

[1] Sangbae Kim ほか2名, Soft robotics :a bioinspired evolution in robotics, Cell press

多軸鍛造を施した AZ31 マグネシウム合金の極低温下における引張破壊特性

Tensile Mechanical Properties of MDFed AZ31 Magnesium Alloy at Cryogenic Temperature

機械電気工学専攻 野中 海杜 (指導教員：高橋 明宏)

Kaito Nonaka, Advanced Course of Mechanical and Electrical Engineering,
NIT (KOSEN), Miyakonojo College

Abstract

Magnesium (Mg) alloys are low density and have higher specific modulus and strength than several metallic materials such as aluminum alloy, steel and other engineering materials. Demand for Mg alloys is increasing in many industrial fields. In particular, Mg is weight saving of traffic transportation expected to improve the fuel efficiency. However, Processing of Mg at room temperature is difficult because the crystal structure of Mg is the closest hexagonal crystal phase. In recent years, researches on improving properties of plastic processing due to grain refinement are actively studied. As researches on the grain refinement of Mg and Mg alloy, MDF (Multi Directional Forging) is attracting the most attention.

Therefore, aims of this work are to investigate the quasi-static tensile property and fracture behavior of the hot-extruded and MDFed Mg alloys at two testing temperature points of 77K and room temperature. Quasi-static tensile test was carried out at room temperature (298K, 20 °C) and liquid nitrogen temperature (77K, -196 °C). After tensile test, fracture surface of each tested specimens was observed by SEM (Scanning Electron Microscope).

Key Words : Magnesium Alloy, MDF, Cryogenic Temperature, Tensile Property, Fracture behavior

1. はじめに

マグネシウム (Mg) 合金は実用金属中最も軽い金属であることから、構造用材料としての利用が期待されている¹⁾。特に自動車、航空宇宙、船舶、鉄道などの交通輸送機器の軽量化が達成できれば、当然燃費向上に大きく貢献できる。しかしながら Mg の結晶構造は最密六方格子であり、室温での塑性加工が困難であるという欠点がある。そのため、体心立方格子 (スチール) や面心立方格子 (Al) に比べて、Mg 合金への実用的な冷間圧延や押出加工への適用に制限がある。しかしながら機械構造・機構の軽量化が期待されているため、Mg 合金の塑性加工性の改善とそのための加工技術開発が一層重要になってきている。

近年、強加工を施して高ひずみを金属・合金内に導入し、結晶粒微細化によるミクロ組織や塑性加工特性改善を目指した研究が盛んに行われている²⁾。Mg およびその合金の結晶粒微細化に関する研究として多軸鍛造 (Multi-Directional Forging, MDF)³⁾があり、最も実用的な強加工技術として注目されている。

本研究では多軸鍛造を施した AZ31Mg 合金の破壊

形態および引張特性に及ぼす試験温度の影響について調査したので、それを報告する。

2. 実験方法

2. 1 試験材料

試験材料は熱間押出製 AZ31Mg 合金である。また、本研究では MDF を施していない試料 (熱間押出材) および、MDF を 1 回から 5 回まで施した MDF 材を用いた。以後これらの試料を初期材, 1pass 材, 2pass 材, 3pass 材, 4pass 材, 5pass 材と略記する。

2. 2 引張試験片

図 1 に引張試験片の形状及び寸法を示す。

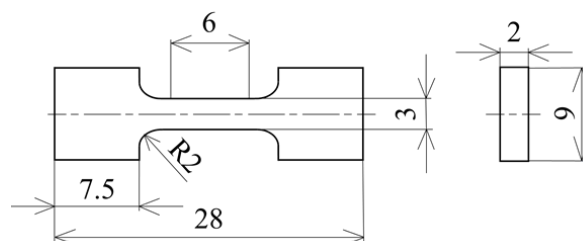


図 1 引張試験片の形状及び寸法 (mm)

2. 3 引張試験方法

常温下における引張試験には、万能試験機を用いた。荷重の計測にはロードセル、変位の計測にはビデオ式非接触伸び計を用いた、荷重負荷速度は1mm/minとして実施した。

極低温下における引張試験では、試験温度を77Kに保つための冷媒に液体窒素を使用し、温度測定には白金系熱電対を使用した。液体窒素を保持するために、自作のクライオスタット容器を作製した。

2. 4 破面観察

引張試験後の試験片の破面を走査型電子顕微鏡 (Scanning Electron Microscope / SEM) で観察した。試験片破面に付着したコンタミネーションを除去するため、SEM観察前にエタノールを用いて5分間の超音波洗浄を行った。

3. 実験結果及び考察

3. 1 引張試験

図2に極低温下における初期材及びMDF材の応力-ひずみ線図を示す。この結果より、すべての試験片において、常温下と比較すると延性が著しく低下し、引張強さ、0.2%耐力、ヤング率が著しく増加していることに加え、最大応力点での破断が確認された。また、1pass材から4pass材を見ると、鍛造回数が増える毎に引張強さが増加していることが確認された。さらに、常温下での応力-ひずみ線図では確認されなかったセレーションが確認された。

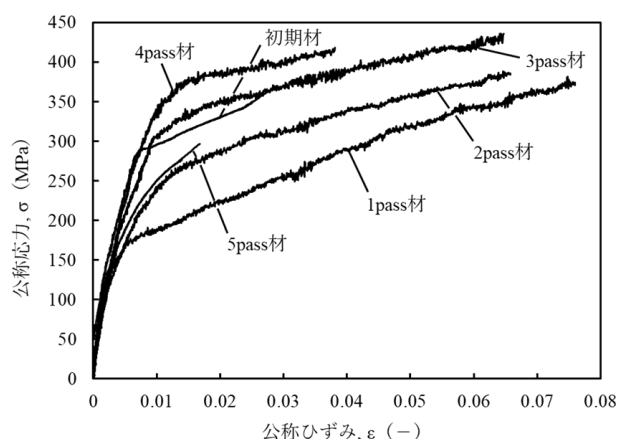


図2 極低温下における初期材及びMDF材の
応力-ひずみ線図

3. 2 破面観察

図3は常温及び極低温下での引張試験後の初期材及び5pass材の破面を示している。図3(a)より、常温下での初期材の破面では延性破壊を示すディン

プルが支配的な破面が確認された。これに対して、図3(c)の極低温下での初期材の破面では、常温とは異なり、ディンプルは確認されず、一部の領域に脆性破壊を示すへき開が支配的な破面が確認された。また、図3(b)、(d)の常温及び極低温下での5pass材の破面では、どちらも粒界破壊を示唆する平滑な破面であると確認された。これらのことから、結晶粒微細化に伴い、粒界すべりが活発になったために⁴⁾、破壊形態が粒内破壊から粒界破壊に変化したと考えられる。

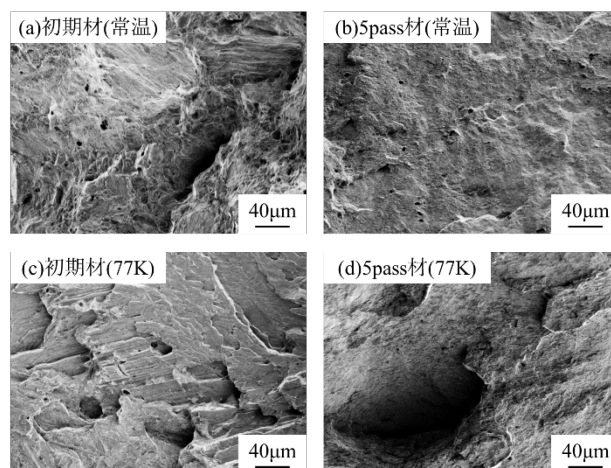


図3 常温及び極低温下での引張試験後の初期材
及び5pass材の破面

4. まとめ

- (1) 応力-ひずみ線図より、すべての試験片において、常温下と比較すると延性が著しく低下し、引張強さ、0.2%耐力、ヤング率が著しく増加していることに加え、最大応力点での破断が確認された。
- (2) 破面観察より、結晶粒微細化に伴い、粒界すべりが活発になったために、破壊形態が粒内破壊から粒界破壊に変化したと考えられる。

5. 参考文献

- 1) 日本塑性加工学会，マグネシウム加工技術，(2004)，16.
- 2) M. Umemoto, Nanocrystallization of Steels by Severe Plastic Deformation, Matter. Trans. Vol. 44, (2003), 1900 - 1911.
- 3) J. Xing, X. Yang, H. Miura and T. Sakai, Mechanical Properties of Magnesium Alloy AZ31 after Severe Plastic Deformation, Matter. Trans. J, Vol. 49, (2008), 69 - 75.
- 4) H. Miura, G. Yu, X. Yang, Mater. Sci. Eng. A 528 (2011) 6981.

AZ31Mg 合金の円周切欠き付近における応力三軸度による延性破壊特性

Ductile Fracture Characteristic by Stress Triaxially

around the Circumferential Notch in AZ31 Magnesium Alloy

機械電気工学専攻 廣池 敬太 (指導教員：高橋 明宏)

Keita HIROIKE, Advanced Course of Mechanical and Electrical Engineering,
NIT (KOSEN), Miyakonojo College

Abstract

Magnesium alloys are expected to be applied to complex shapes to improve fuel consumption from the point of global environmental protection. Ductile fracture characteristics were evaluated based on the effect of stress triaxiality on the ductility and fracture behavior of the circumferential notch at the time of fracture, which has not been clarified. The load-unload test was carried out the tensile test, and the comparison was made by changing the circumferential notch radius to $R = 1, 3, 6$ and 12 . As a result, it was found that the effect of stress triaxiality increased with decreasing the notch radius, and the fracture mode changed from ductile fracture to shear fracture.

Key Words : Magnesium alloy, Ductile fracture characteristics , Stress triaxiality

1. はじめに

マグネシウム (Mg) 合金の比重は鉄鋼材料の 22%、Al 合金の 63%である。構造用材料の軽量化に寄与するとともに、強度、放熱性、電磁波遮熱性や切削加工性にも優れた特性を有する。そのため、デジタルビデオカメラ、ノートパソコン、スポーツ用品などの民生分野への用途が広がりつつある^[1]。しかしながら、Mg 合金は鉄鋼材料や Al 合金に比べて室温延性や靱性に劣っている。その他、加工性、耐食性、耐熱性などの諸特性の低さが挙げられる。特に室温での低延性の要因は、Mg 合金の結晶構造が六方最密構造であるため、室温付近で活動する結晶学的すべり系が限られるためである^[2]。しかしながら Mg 合金は軽量でリサイクル性に優れた環境配慮材料として注目され、需要や適用拡大が予測される。軽量化達成の手段として、材料置換と同時に部品点数を少なくした合理化設計が行われると、新規部品は複雑な曲線形状を成すものが多くなってくる。そのために、延性および破壊挙動などの材料特性に及ぼす応力集中現象を明らかにすることが重要になる。しかし Mg 合金の延性および破壊挙動に及ぼす応力三軸度の影響に関する研究は多くはない。そこで本実験では、AZ31Mg 合金の円周切欠き丸棒試験片を用いて引張試験を行い、有効塑性ひずみに基づく真応力-真ひずみ線図を取得し、破壊発生時の強度に及ぼす塑性拘束の基礎的検討を行った。

2. 実験方法

2.1 供試材料

本研究で用いた供試材料は、熱間押し出し製の AZ31Mg 合金である。なお、ミクロ組織観察の結果より一部粗大粒の形成が確認され、第二相粒子の存在がそれほど多くないことが分かった。

2.2 引張試験片

本研究で使用した円周切欠き付き試験片の形状および寸法を図 1 に示す。円周切欠きはマシニングセンタを利用して導入した。円周切欠き R は $R=1, 3, 6$ および 12 とし、応力三軸度を変化させた。また、比較のために平滑な丸棒引張試験片を準備した。

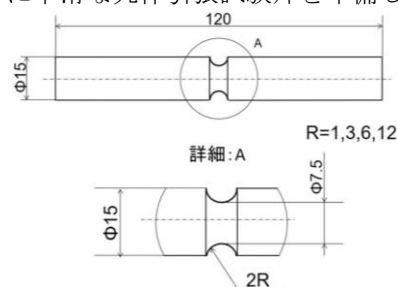


図 1 円周切欠き丸棒試験片の形状および寸法

2.2 引張試験

引張試験には、万能引張試験機 (島津製作所, AUTOGRAPH, AG-1, 容量 250kN) を用い、荷重負荷速度 1mm/min で実施した。なお、荷重負荷は load-

unload を繰返し行い、一旦試験を中断するごとに試験片の最小直径と荷重の測定を行った。この時に計測した最小直径は、真応力を計算するときに用いられる最小断面積となる。荷重の測定にはロードセル、円周切欠きにおける最小直径の測定には透過型レーザー変位計 (KEYENCE, IG-028) を使用した。有効塑性ひずみ $\bar{\varepsilon}_p$ は、下式 (1) の Bridgman の解^[3]に基づいて計算した。

$$\bar{\varepsilon}_p = 2 \ln \left(\frac{d_0}{d} \right) \quad \dots (1)$$

ここで、 d_0 は円周切欠き部の初期直径、 d は各停止時における最小直径の実測値である。

実験結果および考察

3.1 有効塑性ひずみと応力三軸度の関係

各円周切欠き丸棒試験片および平滑な丸棒引張試験片の引張試験結果を図 2 に示す。真応力は、時々刻々の荷重を最小断面積で除することで求めた。なお真ひずみは引張変形中の体積不変の法則によって、最小直径部の変化量を基に算出できる。図 2 の結果より、円周切欠き丸棒試験片では、円周切欠き R の低下に伴い真応力は増加し、変形抵抗が増大した。これは、円周切欠き R が低下すると、より大きな塑性拘束が作用するからであると考えられる。本研究では、塑性変形に対する応力三軸度の影響を基に延性破壊特性を評価した。応力三軸度 $\sigma_m/\bar{\sigma}$ は、円周切欠きの最小断面半径 a と円周切欠き R を用い、下式 (2) の Bridgman の式^[3]より算出した。

$$\frac{\sigma_m}{\bar{\sigma}} = \frac{1}{3} + \ln \left(1 + \frac{a}{2R} \right) \quad \dots (2)$$

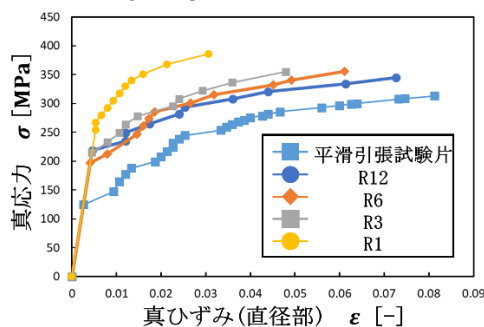


図 2 各円周切欠き丸棒試験片と平滑引張試験片の真応力-真ひずみ線図

有効塑性ひずみに及ぼす応力三軸度の影響を図 3 に示す。結果として、円周切欠き R の減少及び応力三軸度の増加に従い、有効塑性ひずみが減少する傾向を示す。つまり円周切欠き R が小さいほど、円周切欠き周辺では、応力三軸度の及ぼす影響に敏感であり、低延性であることが考えられる。なお

Al-Li 合金とは似た減少傾向を示したが、球状黒鉛鑄鉄よりは緩やかであった。これは、球状黒鉛鑄鉄の方が応力三軸の影響を強く受けていることが考えられる。

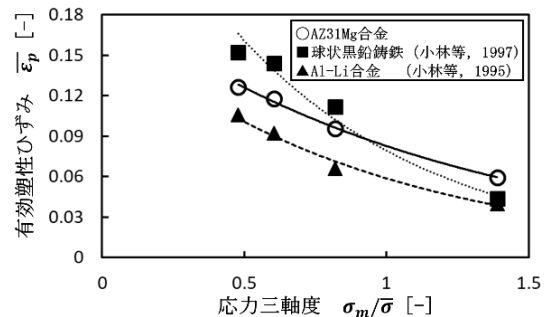


図 3 有効塑性ひずみに及ぼす応力三軸度の影響

3.2 破面観察

図 4 に $R=1$ 及び $R=12$ の破面写真を示す。 $R=1$ では結晶構造平面すべりが発生していると考えられる破面が確認できた。これは、 $R=1$ では引張軸方向及び円周方向応力の影響を強く受けており、円周切欠き付近は多軸応力状態となり、破壊形態がせん断的破壊に及んだと考えられる。それに比べ、 $R=12$ では $R=1$ とは異なり、ほぼ一軸応力状態となっていると推察できるため、ディンプルを中心に延性破壊に及んだと考えられる。

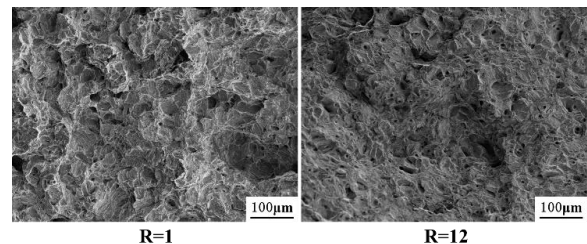


図 4 引張試験後の破面観察結果

4. まとめ

1. 円周切欠き R の低下に伴い、有効塑性ひずみと延性の低下し、応力三軸度の影響は増加する。
2. 円周切欠き $R=1$ は、せん断的破壊を呈し、 $R=12$ は、ディンプル支配型の延性破壊が生じた。

参考文献

- [1] 工業材料, 日刊工業新聞, vol.50, No.8, pp.18-24
- [2] 服部敏雄, 川田宏之, 田川哲哉, 東郷敬一郎, 中井善一, 三浦秀男: 破壊力学大系 (2012), 株式会社エヌ・ティー・エス, pp.454-462
- [3] T.Kobayashi, Y.Muranaka and S.Yamada, Effect of Stress Triaxially and Matrix Microstructure on Ductile Fracture in Ductile Cast Iron, Journal of Japan Foundry Engineering Society, vol.69, No.11 (1997), pp.924-929

矩形サーモサイフォン凝縮部に着目した熱伝達特性に関する研究

Heat Transfer Characteristics on Condensation Section of Rectangular Thermosyphon

機械電気工学専攻 福島 聖 (指導教員：白岩 寛之)

AKIRA Fukushima, Advanced Course of Mechanical and Electrical Engineering,
NIT (KOSEN), Miyakonojo College

Abstract

This paper describes experimental investigations of how the inclination angle in parallel direction to the plate of a rectangular thermosyphon affects the heat transfer characteristics. In this study, we first designed and manufactured an experimental device that imitates a rectangular thermosyphon condensation section. Then we considered the effect on the heat transfer characteristics when the inclination angle of the heat transfer plate is changed. Steam is supplied from the boiler, and cooled by cooling water flowing through the back of the heat transfer plate. The cooling water temperature and its flow rate were kept at 10°C and 5.0 L/min. The experimental device was insulated and the temperature was measured at 27 points in the heat transfer plate using a K-type thermocouple. The heat transfer coefficients tilted at every 15 degrees from 0 to 90 degrees were evaluated, and the heat transfer characteristics of each inclination angle were compared with one another.

Key Words : Rectangular thermosyphon, Inclination angle, Heat transfer characteristics

1. はじめに

近年の省エネルギー化推進の一つの方法として、温泉などの地熱や工場の排熱を再利用するために少ない熱損失で大量の熱を輸送できるヒートパイプが注目されている。

サーモサイフォン型ヒートパイプ(以下、サーモサイフォン)は、容器に少量の液体を入れ、真空にして密封し、下部の蒸発部を加熱して内部の液体を蒸発させ、上部の凝縮部に運ぶことで、外部動力を使わずに非常に高速で熱を輸送させることのできる装置である。設置費用が安価であること、メンテナンス性が高いこと^[1]、矩形型にすることによる省スペース化によってバイナリー発電などの熱輸送装置としての普及が期待される。

本研究では、重力の作用による凝縮液の還流を行うことにより、ウィック等の毛細管構造を必要とせず、構造が単純であるサーモサイフォンに着目し、水を作動流体とする矩形サーモサイフォン凝縮部を模擬した実験装置を設計、製作し、伝熱板に対し平行方向の傾斜角を変化させた場合の熱伝達特性への影響を検討する。

2. 実験装置および方法

2. 1 実験装置

図1に実験装置全体図を示す。実験装置は、水蒸気ボイラ①、減圧弁③、矩形サーモサイフォン凝縮

部を模擬した凝縮器④、伝熱板⑤、冷却水循環装置⑨とその他の装置より構成される。ボイラに付属された各ゲートバルブを調整することにより、実験中の凝縮器内部に流入する蒸気流量を任意の範囲内で調整できる構造とした。配管、凝縮器は断熱しており、冷却水は冷却水循環装置⑨内の水槽より凝縮器内に供給され、伝熱板⑤を冷却する。冷却水流量は流量計、ゲートバルブIVによって調節し、冷却水循環装置⑨により温度調節を行っている。

2. 2 凝縮器

図2に図1中の凝縮器④の詳細図を示す。サーモサイフォン内部を模擬するため、厚さ10mmの透明ポリカーボネート板で製作した角型容器(70×220×105mm)により、伝熱板全体を覆う構造とした。凝縮器内部の伝熱面液膜、水蒸気流観測のため透明板を用いることにより可視化を行っている。実験時に

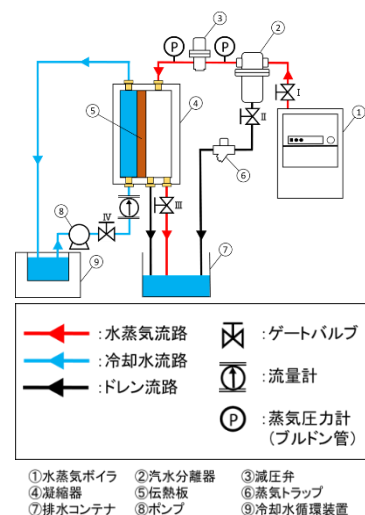


図1 実験装置全体図

はドレンが内部に滞留するため、ドレン排出口を設けた。

また、凝縮器は固定装置に取り付け、傾斜角固定のため、伝熱面に対し平行方向に 0° (鉛直方向) から 90° (水平方向) まで 15° 毎に変更可能な傾斜固定板を凝縮器背面に設置した。^[2]凝縮器

の固定装置は今後の研究を考慮し、伝熱板のアスペクト比を変更した場合でも取り付け可能な設計を行った。

2. 3 伝熱板

図3に伝熱板の温度測定位置を示す。凝縮器④内の伝熱板⑤は $200 \times 50 \times 10$ mm (アスペクト比 $4:1$) の銅板 (無酸化銅製) を使用し、正面図の左上端を原点として、 y 方向に $30, 100, 170$ mm の位置で3地点ずつ測定するため、合計9地点に穴加工を行った。また、それぞれの地点で z 方向に $2.5, 5.0, 7.5$ mm の3点ずつ設け、伝熱板全体で27箇所熱電対挿入穴を加工し、温度の測定を行った。

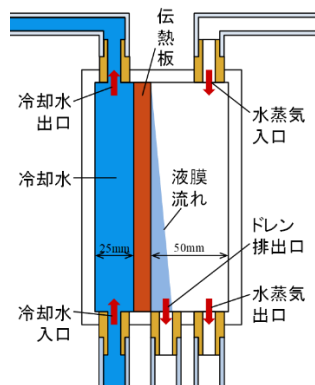
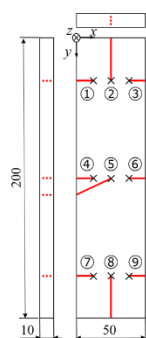


図2 凝縮部詳細図



× : 温度測定位置 — : 熱電対挿入穴 (φ1.05mm)

図3 伝熱板温度測定位置

2. 4 評価方法

温度変化周期が安定している 1000 秒間における測定結果をデータ解析に用いる。伝熱板厚さ方向の測定点3点の温度から、温度 T と測定位置 z のグラフによる近似直線を作成し、傾き a と切片 b を求める。切片 b が伝熱板における水蒸気側の表面温度となる。傾き a から、式(1)を用いてフーリエの法則より局所熱流束 q_x [W/m²] を求める。

$$q_x = -\lambda \frac{dT}{dz} = -\lambda \frac{d(az+b)}{dz} = -\lambda a \quad (1)$$

局所熱流束 q_x から、式(2)を用いてニュートンの冷却則より局所伝達率 h_x [W/(m² · K)] を求める。

$$h_x = \frac{q_x}{(T_v - T_w)} \quad (2)$$

3. 実験結果および考察

図4は、平均熱伝達率 h_m と傾斜角 θ の関係を示している。図の縦軸の平均熱伝達率 h_m は、各傾斜角 θ における図3中の温度測定位置①～⑨各点の局所熱伝達率 h_x の平均値である。図中の実線は実験値の傾向曲線である。

図4より、傾斜角 θ が大きくなるに従って平均伝達率 h_m は大きくなるのが分かる。傾斜角 $\theta=0^\circ$ (鉛直) の場合と比較して、 $\theta=75^\circ$ の場合では平均熱伝達率 h_m は約 72.3% 増加した。傾斜角 θ が増加することにより平均熱伝達率 h_m が大幅に増加する理由として、伝熱板を傾斜させることにより液膜の流下距離が短くなり、伝熱板全体の平均液膜厚さが薄くなるためであると考えられる。

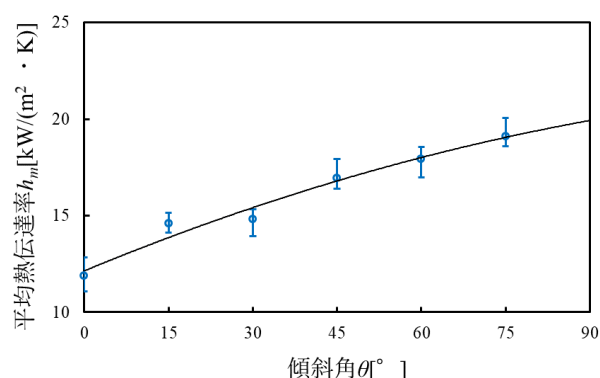


図4 平均熱伝達率 h_m と傾斜角 θ の関係

4. おわりに

実験により、伝熱面に対し平行方向に伝熱板を傾斜させた場合、傾斜角 θ の増加とともに平均熱伝達率 h_m が増加することが分かった。

また、本研究ではドレンの滞留により傾斜角 $\theta=90^\circ$ において実験データが十分に測定できなかったこと、および凝縮器への水蒸気の流入流速が速すぎるのが課題として挙げられた。現在、傾斜角が大きくなった場合のドレンの排出方法の改善や、蒸気流入口に整流板を設けることによる流れ模様の一様化を検討中である。

参考文献

- [1] 池田義雄, 伊藤謹司, 樋田昭: ユーザーのためのヒートパイプ応用, (1981), 学献社, pp. 11-13.
- [2] 中岡裕貴, 細川力, 白岩寛之, 密閉型矩形傾斜サーモサイフォンの熱輸送特性に関する実験的検討, 日本機械学会講演論文集, (2009), pp. 11-19.

飢肥杉晩材部における引張挙動

Tensile Behavior in Latewood of Obi-Cedar

機械電気工学専攻 結城 秀麻 (指導教員：高橋 明宏)

Shuma YUKI, Advanced Course of Mechanical and Electrical Engineering,
NIT (KOSEN), Miyakonojo College

Abstract

Wood is used as a structural material for houses even nowadays when advanced materials have been developed. To achieve the demand for domestic wood and its effective industrial application, it is required to improve the design technology of wood products. However, wood is less ductile than metal material, and its mechanical properties are significant anisotropy and individual differences. Therefore, it is important to investigate tensile properties of each tissue microstructure in detail to establish the basic data of mechanical properties and to elucidate the deformation and fracture behavior from the initiation to propagation. In this study, a new method for preparing tensile specimen was proposed for latewood in wood, and mechanical properties and fracture behavior were investigated. As a result, mechanical properties of the latewood depend on the orientation of tracheid and ray tissue.

Key Words : Latewood, Tensile Test, Mechanical Property, Japanese Cedar, Fracture Behavior

1. はじめに

木質材料は古くから建物、橋梁、船舶等の構造材料として利用されてきた。先進材料が発達した現在においても、家屋などの数多くの軽構造は木造である。今以上に木材の需要と工業的な有効活用を高めるため、木材製品の意匠技術向上が求められている^[1]。しかし木材は金属材料に比べて延性に乏しく、力学的性質の個体差と異方性が著しい材料である。そのため加工の適正さ、すなわち成形加工限界を把握し高い意匠性を可能にする設計指針が定めるには、組織構造ごとの引張諸特性を詳細に調査し、力学的性質の基礎データを構築するとともに、変形応答と破壊発生から伝播までの破壊挙動を解明することが重要である。更にこれらの包括的な知見が、木材製品の耐久性や機能性を高め、国連が掲げる SDGs の達成に寄与すると考えられる。本研究では長年にわたって木材組織、特に早材と晩材の機械的性質を明らかにし、各学協会で研究発表を行ってきた^{[2]~[4]}。両者の高精度な力学的性質を評価するにあたり、これまで規格化されていない試験方法の確立、そして成果として得られたデータは有限要素解析などの構造解析の入力値として重要であり、新たな木材利用技術への期待が高まると予想される。

本研究では、木材の晩材に関する引張試験方法が確立されていないため、これまで炭素繊維-単繊維の

引張特性の試験方法 (JIS R7606 : 2000) を参考にしてきたが、今回、新たに引張試験片の作製方法を提案する。そして、その試験片を用いたときの力学的性質および変形破壊挙動について調査を行ったので、それらについて報告する。

2. 実験方法

2.1 引張試験片

本実験で使用した木材は樹齢 40 年の国産飢肥杉である。その木材を柃目方向に 5mm 幅の切断を行い、続けてカンナ盤で 3mm 幅になるように加工を施した。次に、3mm 幅に加工した木材からカッターとサンドペーパーを用いて放射方向に厚さ $0.2 \pm 0.05\text{mm}$ 、接線方向に幅 $3 \pm 0.5\text{mm}$ 、繊維方向に長さ 130mm、標点間距離 70mm である。晩材引張試験片を慎重に作製した。加工ひずみを取り除くことを目的として、常温の水に 3 時間以上浸し、その後大気中にて一昼夜乾燥を行った。引張試験片の端部をエポキシ系樹脂接着剤にて一様な厚さで固定した。図 2.1 は最終的な引張試験片の形状および寸法である。



図 2.1 引張試験片の形状および寸法 (mm)

2.2 引張試験

引張試験は万能試験機((株)島津製作所,EZ-SX,容量 500N)を用いて実施した。荷重の測定はロードセル、変位の測定はビデオ式非接触伸び計((株)島津製作所,DVE-101/201)を用いて行った。縦ひずみは、得られた変位を標点間距離 70mm で除することで求めた。また、ヤング率は変形過程のひずみが 0.0005 から 0.0025 の弾性変形領域内に示される応力-ひずみ線図から線形近似によって求めた。引張負荷速度は 1mm/min とし、室温大気中にて引張試験を実施した。

3. 実験結果および考察

3.1 応力-ひずみ線図

図 3.1 に晩材の破壊形態から (a) 主応力破壊と (b) せん断破壊を呈した代表的な応力-ひずみ線図を示す。破壊形態によらず、初期応力から応力 50MPa 付近まで線形的な力学応答を示し、最大応力に達した直後に破断したことが認められた。破壊形態によって、応力-ひずみ応答、ヤング率および最大引張応力が大きく異なった。横山らは、板紙やライナーボードのヤング率、ポアソン比、引張強度が材料の繊維方向が引張方向から垂直方向になるにつれて低下することを報告^[4]している。したがって、晩材内部組織の方向と引張負荷方向の関係が、巨視的に 2 種類の破壊形態に影響していることが考えられる。

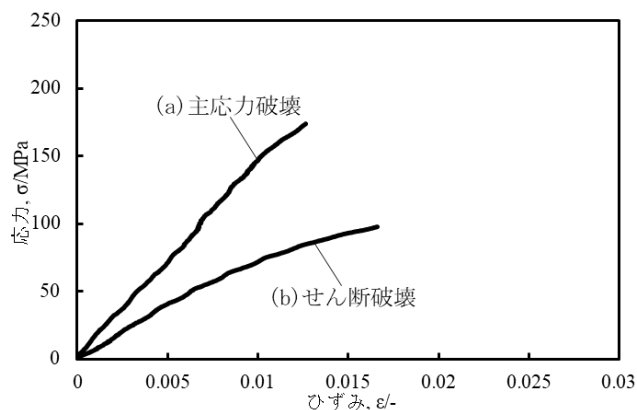


図 3.1 晩材の応力-ひずみ線図

3.2 破面観察

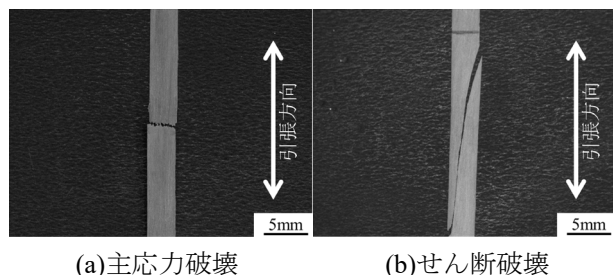


図 3.2 引張試験後の晩材の破面

図 3.2 は引張試験後の代表的な破壊形態を示したものである。これは前述の図 3.1 と対応するもので、(a) 主応力破壊は引張方向に対して垂直に、(b) せん断破壊は引張方向から 10~20 度の角度を持って、せん断的に破壊した。晩材内部の仮道管が、繊維方向に螺旋状に破壊しているものが多く見られた。これは、仮道管二次壁には細胞のまわりを螺旋状に配向するマイクロフィブリルに沿って破壊したためと考えられる。

晩材の破壊形態の観点に基づき変形破壊挙動を考察する。晩材は引張作用を受けると、晩材内部の放射組織の周りに応力集中が発生し、仮道管と放射組織の界面がはく離しやすくなり、空隙の生成と成長、そしてそれらの合体によって破壊したと考えられる。また、2 種類の破壊形態に大別できた理由として、引張方向に対する仮道管と放射組織の配向異方性が大きく相違するほど、低応力で破壊する傾向が見られた。

4. まとめ

本研究において明らかになった事項を以下に示す。

- (1) 本研究で作製した晩材引張試験片によって、信頼性の高い引張特性が得られた。
- (2) 晩材の破壊形態は、仮道管と放射組織の配向によって大きく異なる。

参考文献

- [1] K.Kojiro, M.Ohno, K.Tanaka, Y.Miyoshi and Y.Furuta: Effects of Drying Temperature and Drying Rate on Occurring Behaviors of Microcracks during Wood Drying, Journal of the society of Materials Science, Japan, Vol. 69, No. 4, (2020), 323-328.
- [2] S.Yuki, A.Takahashi, N.Yamamoto and T.Toyohiro: Tensile Behavior on Dried Latewood in Japanese Cedar, Proceedings of 13th ISEM, (2018), 88.
- [3] S.Yuki, A.Takahashi, N.Yamamoto and T.Toyohiro: A Study on Evaluation for Tensile Properties of Latewood in Cedar, Proceedings of IJSEE 2018, (2018), 111-116.
- [4] S.Yuki, A.Takahashi, N.Yamamoto and T.Toyohiro: Two types of Tensile Fracture morphologies on Latewood in Japanese cedar, Proceedings of 14th ISEM, (2019), 78.
- [5] T.Yokoyama, K. Nakai, Orientation Dependence of In-plane Tensile Properties of Paperboard and Linerboard: Application of Composite Theories, Proceedings of the 3rd JSME/ASME International Conference on Material and Processing ICM&P 2008

LPWA 及び ToF センサを用いた飼料の残量測定及び回路の低消費電力化の検討

The livestock feed remaining amount measurement combining LPWA network and ToF sensor, and an examination of low power consumption of the circuit

機械電気工学専攻 遠矢 健太 (指導教員：臼井昇太)

TOYA Kenta, Advanced Course of Mechanical and Electrical Engineering,
NIT(KOSEN), Miyakonojo College

Abstract

This study will develop the livestock feed remaining amount measurement system, combining a ToF(Time of Flight) sensor and LPWA(Low Power Wide Area) network. And we examination of low power consumption of the circuit. If the remaining amount of feed can be measured, it will save farmer's labor and solve the aging problem and labor shortage. Moreover, useful the circuit's low power consumption can be used in places where it is difficult to secure power. In that case, the generation of power supply noise also can be suppressed. We will aim for the farmer's aging problem and low power consumption of the circuit by developing this system. Currently, we develop a basic measurement system and do a demonstration experiment, We confirmed that it has measured correct data from the sensor and sending for the server using LPWA. Furthermore, we were able to visualize by websystem the remaining amount.

In this paper, we report the background of livestock farmer's problems, an overview of the system we will develop, and experimental results. Moreover, we explain the method of low power consumption of the circuit. Further, we explain the plan for the future.

Key Words : ToF sensor, Low power consumption, LPWA, Data visualization

1. はじめに

本校の所在する南九州地方では、近年、畜産業従事者の高齢化が問題となっている。特に宮崎県においては、2005 年から 2015 年にかけて、畜産業従事者の平均年齢が 3.7 歳上昇しており、今後若年層の就農者が増加しない限り、この傾向は続いていくものと考えられる。この高齢化の進行には、様々な要因があるが、家族経営の小規模な農家に限ると、他の仕事に比べ休みが取得しづらいため、若者が家業を継ぐことを敬遠していることが最も大きな要因となっている。この休みが取得しづらい要因の 1 つとして、飼料の残量確認作業が挙げられる。この作業は、毎朝晩に必ず行わなければならない、これが畜産業従事者の大きな負担となっている。そのため、ICT/IoT 技術で解決して欲しいとの相談があった。そこで、本研究では LPWA と ToF センサを用いて、この問題の解決を目指すこととした。

2. 研究目的

前述したように家族経営のような小規模な畜産

農家では飼料の残量確認による定期的な見回りに労力を割かれているという問題を抱えている。この飼料の残量確認については、従来、農家の方が自らサイロを叩き、おおよその残量を音で確認していた。すなわち、叩いた際に生じた音が乾いた高い音であれば空に近いと判断し、電話でメーカーに発注して補給してもらうのが一般的であった。我々はこの作業に関して、残量検知についてはセンサを用いた常時監視を、発注については予め設定したしきい値を下回った際に、メーカーに自動で発注するシステムを構築することで、自動化を図ることができるのではないかと考えた。なお、このシステムを実現するためには、インターネットへの接続が必須であるが、畜舎には通信環境が備えられていないのが一般的である。この問題は、インターネット回線を畜舎に引くことで解決することができるが、センサで取得される少容量のデータ通信のためだけに導入することを考えるとコストはかなり高くなる。そこで我々は、通信部に、LPWA(Low Power Wide Area)を使用することを考えた。さらに、飼料サイロ付近にて電

源確保が困難である場合への対応も求められた。そして、実証実験で明らかになった電源ノイズによる測定データの乱れも軽減する必要も出できた。そこで、回路の低消費電力化を図り、多電源化の機能についても実装を行う。本研究では、畜産農家が抱える問題を解決するためのシステムを提案・構築し、長期実証実験を経て実用化を目指す。併せて、データの取得の安定性や消費電力の低減などに関する評価及び考察も行う。

3. 研究方法

3.1. ToF センサ及び LPWA を用いた飼料の残量測定と可視化

ここでは、まず、ToF センサを用いた飼料の残量測定について述べる。図1に示すように、サイロ上部に ToF センサを設置し、センサから飼料までの距離を測定し、残量を導出する。次に、図2に示すように 10 分おきに残量データを LPWA の一つである NB-IoT を経由して、ネットワークサーバへと送信する。そして、別のクラウドサーバ上で、PHP を実行して、ネットワークサーバよりデータを取り出し、MySQL データベースにデータを保存する。最後に、MySQL に保存されたデータを視覚化する Web アプリケーションである Grafana を用いて可視化する。なお、Grafana 上では、測定距離のしきい値の設定を行い、その値を下回ったら、予め設定した宛先に、メールを送信する。本研究では、上記動作を行うシステムを構築し、実験を通して、測定データの正確性と安定性、そして、装置の耐環境性について検証する。

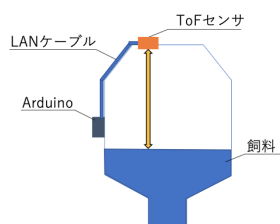


図1. 飼料残量の測定方法

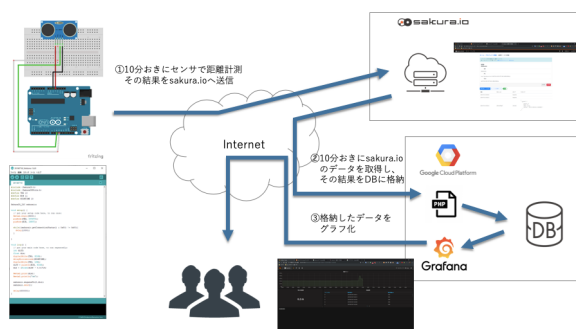


図2. 飼料残量監視システムの概要

3.2. 回路のスリープによる低消費電力化

回路の低消費電力化については、データの取得時及び送信時以外はスリープさせるための回路を設計し、実装する。その後、実験を通して、消費電力の削減量を検証する。そして、電源ノイズ軽減の影響についてもその効果を検証する。

4. 研究結果

現時点で、飼料残量計測においては、実証実験を重ね、飼料残量データを正確に取得し、クラウド上に送信、可視化することができた。また、7月から実証実験を開始したが、猛暑、台風など環境の変化があっても安定的に取得できており、耐環境性は問題ないと言える。しかし、実証実験では、以下のような問題が出てきた。まず、センサ部と回路部は、飼料サイロの構造上、有線で接続しなければならないが、我々はLANケーブルを用いたI2C通信を考案した。しかしながら、ノイズの影響により正確なデータを取得することができなかった。そこで、耐ノイズ性の高いオーディオケーブルを使用したI2C通信に変更した結果、正確なデータを取得することができ、この問題を解決することができた。また、毎日決まった時間に測定データの乱れが発生することが判明した。この問題については、現在対応中である。

5. 考察と今後の展望

実証実験を行った際に発生した残量データの乱れは、サイロ内の高温化あるいは太陽光の透過による影響であると考えられる。そのため、今後擬似環境を構築し、実験により原因を究明する予定である。併せて、電源ノイズ等による影響も調査し、対策法を検討する。また、現在粉塵が舞わないペレット状の飼料を使用してデータの取得を行っているが、今後は粉塵が舞う飼料を使用した場合についての影響に関して、正確に測定できるかの検証も行う。さらに、飼料サイロの構造上、飼料がすり鉢状に減少し、測定値と真の残量値に誤差があることは既知の問題である。この問題についても今後対策を検討する。次に、回路の低消費電力化については、設計した回路をシステムへ実装し、電力削減量の効果を検証する予定である。なお、具体的な検証方法としては、回路起動時とスリープ時の消費電力を電圧値と電流値から算出し、どの程度削減できたかを検証する。そして、実証実験システムをバッテリーによる稼働に変更し、比較検討を行う予定である。

戦略的な地産地消のための就農支援ツールの開発のためのデータ分析 に関する研究

Research on data analysis for strategic farming support tools on the production and consumption of local food

機械電気工学専攻 湯之前 翔大 (指導教員: 臼井 昇太)

YUNOMAE Shota, Advanced Course of Mechanical and Electrical Engineering,
NIT (KOSEN), Miyakonojo College

Abstract

We will develop strategic farming support tools on the production and consumption of local food in this study. This study will aim to increase farmers' income and support for new farmers using the developed tool. Recently, local production for local consumption is spreading in Japan. However, Japanese farmers have decreased because aging and young farmers are not increasing. Therefore, the local production for local consumption in Japan has not spread. One of the reasons for young farmers not increasing is low income. In recent years, the utilization of ICT and IoT is advancing in the agricultural field to eliminate labor short-ages. However, it has not approached to increase farmers' incomes and increase farmers so far in Japan. Therefore, this study will develop a tool that solves these problems. In this paper, we report for an investigation result of the Environment surrounding Japanese agriculture and an overview of the system to be developed. Moreover, we explain the plan for the future.

Key Words : *Dara Analysis, Agricultural support, Business Intelligence tool, Time series analysis*

1. はじめに

近年、消費者の農作物に対する安全、安心志向の高まりや、生産者の販売の多様化の取り組みが進む中で、「地産地消」への期待が高まっている。地産地消の取り組みを推進するためには、消費者の拡大を進めることも大切であるが、それと共に生産者側である農業従事者の高齢化の進行と担い手不足という問題も解決する必要がある。事前調査から、若者の就農が進んでいないその最も大きな原因は収入面に関する不安であるということが判明している。なお、地方自治体や農協が行っている就農支援では、作物の育成方法の指導は行われているが、収入を増加させるための取り組みは行われていない。そこで、我々はオープンデータから新規就農者が容易に任意の作物の最適出荷時期や出荷価格を予想し、就農後の収入増加につなげることができるツールの開発を行うことで新規就農者数の減少に関する問題の解決を目指すことにした。

2. 研究方法

2.1. 研究目的

本研究では、任意の作物の最適な出荷時期や出荷価格を予想する手段として、過去の時系列データの規則性やパターンを学習させ、未来の値を推論する時系列分析を用いる。具体的には、まずインターネット上に公開されている地方市場における作物毎の価格データと気象庁が公表している天候データを取得する。このデータから、予測モデルを作成し、最も値が上がる日付の予測と、そこに出荷するために最適な作付時期の導出を目指す。また、これらのオープンデータを基にどのような作物が売れやすいか、また値崩れしやすいか、気候と価格の相関関係はどうなっているのかなどを可視化することで、新規就農者の作物決定の支援も併せて行う。

2.2. 研究方法

まず、Web スクレイピングでインターネット上で公開されているオープンデータを抽出する。本研究で用いるオープンデータは、宮崎県小林市にある小林青果市場の日付ごとの作物毎の取引価格の

データ[1]と、同県同市の気象情報に関するデータ[2]を対象とし、それぞれのデータを6年分抽出する。その後データのクリーニングを行い、データセットを生成する。生成したデータセットはBIツールであるTableauで読み込み、データ分析を行う。また、作成した取引価格のデータセットからProphetを用いてモデル作成部分と予測部分に分け、そのモデル作成部分に対して時系列分析を行い予測データを導出する[3]。そして、実際の価格データと予測されたデータを比較し、その精度を検証する。その後、各作物に対し、最適な作付時期を導出する処方を検討する。さらに、オープンデータを作物ごとに様々な視点で可視化し、作物決定の支援ツールを構成する。最後に開発したツールを実際に新規就農者に使用してもらい、実用性を高めていく。

3. 研究結果

まず、実装する予定の機能について新規就農者にヒヤリングしたところ、このようなツールは今までなく必要性を感じる。過去のデータとともに、今後の価格予測データと最適な作付時期を知りたいとの声を得た。このことから、作物ごとの価格予測を求めることについては必要性があり、研究の方向性としては問題ないと言える。

次に6年分のデータセットを用いてTableauの標準機能により、価格予測を行ったところ、以下のような結果を得た。

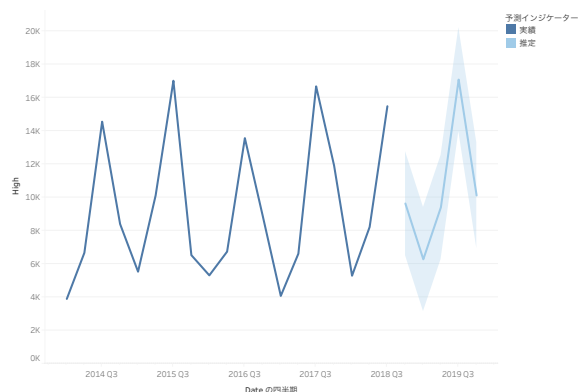


図1 Tableauの機能による価格予測

図1の横軸は時間、縦軸は価格を示しており、2019年の価格を予測したものである。この図より、作物の価格にも大まかな季節的な周期があることがわかった。一方、図において2019年の予測線の背景は予想される誤差の範囲を示しているが、価格が低くなる地点では、予想される誤差の範囲が大きくなり、予測精度が粗いことがわかる。

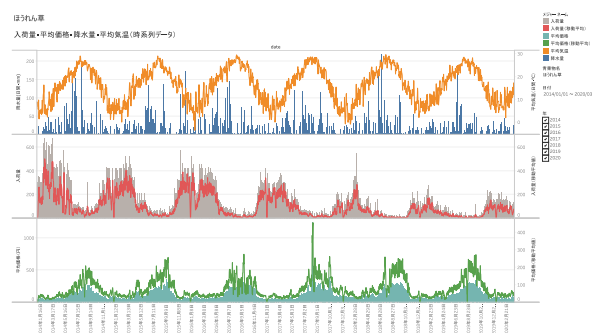


図2 価格と気象の関係

図2は生産地の降水量、平均気温、作物の入荷量、平均価格の時系列データを示したものである。これより、作物の価格には気象データと連動性があるため、データセットも気象情報を加味したものに修正する必要があることがわかった。

4. 考察と今後の展望

今回得られた予測値は天候や気候などを考慮した予測ではないため、実用性のない予測結果となった。また、Tableauに標準で備わっている機能を用いて予測を行っており、条件の設定などの自由度が低いためこのような結果になったと考えられる。前述した通り、作物の価格は気象データと密接な関係があるためこれらの情報を考慮したデータセットに修正し、Prophetを用いたモデルを適用することで精度の高い予想価格が得られると考える。また、最適な作付時期については、予測値の最も価格が高くなる日から標準生育日数と気象データを考慮することで導出できると考えられる。今後、このツールが概ね完成したら実際に新規就農者に使用してもらい、フィードバックをもらって実用性を高める予定である。

参考文献

[1] 宮崎県青果市場連合会:

http://www.miyaseren.com/sikyo_pub/sikyo/sikyo_view.php?typekbn=1&sel_market=9

[2] 気象庁:

<https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>

[3] 岩橋智宏・今西航平・増田啓志: Tableauで始めるデータサイエンス, 株式会社秀和システム, 2019

スマートミラーを用いた表情認識による体調推定法の確立

Establishment of the physical condition estimation method by facial expression recognition using a smart mirror

機械電気工学専攻 吉永 一樹 (指導教員：臼井 昇太)

YOSHINAGA Kazuki, Advanced Course of Mechanical and Electrical Engineering,
NIT (KOSEN), Miyakonojo College

Abstract

In recent years, the number of single-person households has increased in Japan due to the increasing rate of unmarried people and nuclear families' trend. It is predicted that if this trend continues, about 40% of all households will be single-person households by 2040. People who live alone are reportedly at higher risk of developing diseases attributed to low lifestyle and reduced health awareness. Therefore, we propose a system that enables people to view themselves objectively using a mirror. We developed a smart mirror system in our laboratory last year. This system can estimate the physical and mental state of a subject from his or her facial expressions. However, the accuracy of this system was not very high. To solve this problem, we aim to improve and establish the physical condition estimation accuracy in this study. We report our previous research, our improvement method, and our experiments' results in this paper. Besides, we discuss the prospects of this study.

Key Words : *Smart Mirror, Machine Learning, Health, Recognition*

1. はじめに

近年、未婚率の増加や核家族化の影響を受けて単独世帯が増加しており、この傾向が続けば2040年には全世帯の約4割が単独世帯になるという予測が出されている。[1][2] また、一人暮らしの人は高血圧やうつ病といった様々な病気の発病リスクが高いという研究報告があり[3]、これは、社会的な孤立、生活習慣の乱れ、健康意識の低下などが原因であると考えられている。このうち、特に生活習慣の乱れ、健康意識の低下に着目すると、一人暮らしの生活では自らを客観的に見ることが少ない。そのため、自らの心身の変化に気づきづらく、前述のような病気の発症につながっているものと考えられる。そこで、我々はこれらの問題について、自身を客観視できるようなツールがあれば解決できるのではないかと考えた。そこで着目したのが鏡である。鏡は私たちの生活に深く関わっており、また、自分自身を客観視できる手段として適しているツールである。本研究室では、現在鏡の前に立った人の表情から心身状態を推定し、鏡面に表示させるスマートミラーシステムの開発を進めている。これまで開発してきたシステムでは心身状態の推定は実現できていたが、その精度はあまり高くなかった。そこで、本研究では表情から心身状態を推定する方法について、新たな手

法を提案し、実験によりその精度を評価、考察することを目的とする。

2. 先行研究

本節では、まずこれまで本研究で開発を進めてきたスマートミラーシステム「KYO」について述べる。図1に「KYO」の外形を示す。この「KYO」はユーザが鏡の前に立つと表情を取得し、それより心身の状態を推定、その結果を鏡面上に表示するシステムとなっている。また、その他に時刻、天気やスケジュールなどの情報も鏡面上に表示することができる。

この「KYO」の表情認識にはリアルタイム表情認識CNNを使用している。このCNNでは、入力した動画像から7種類の表情(angry, disgust, fear, happy, sad, surprise, neutral)のどれに分類されるかの確率値(以下、表情分析値)を得ることができる。「KYO」では、取得したhappy, sadとneutralを用いて重回帰分析を行い、心身状態を推定していた。



図 1. スマートミラー「KYO」

3. 手法

「KYO」に実装した表情分析は前述の通りオープンソースとして公開されているリアルタイム表情認識 CNN をベースとした分類器を用いていた。しかし、表情分析値の種類が少なく、また、その結果にも若干の偏りがあった。そこで、本研究では表情分析値が多く、既に多方面で活用されている Microsoft Azure の Face API と Amazon Web Service の Face Recognition を用いることとした。また、先行研究では、動画を分類器にかけ、表情分析値を得ていたが、本研究で利用する API では動画の利用が出来ない。そのため、10 枚の静止画を撮影し、そこから生成したタイル画像と平均顔画像を API に送信し、表情分析値を得る。そして得られた表情分析値を Support Vector Machine で構成した分類器にかけ、心身状態を推定し、評価する。

4. 研究結果

これまで、Python と Web カメラを用いて被験者の顔の静止画を撮影、その画像からタイル画像と平均顔画像を生成して API に送信し、表情分析値を得ることができた。また、R 言語を用いて Support Vector Machine による分類器を構成することができた。しかしながら、作成した分類器で導出した心身状態の推定結果はある一定値に集中してしまった。これは分類器を構成する際の学習データの量が少なく、また、比較的同じような表情で撮影していたため、似通った表情分析値が返ってきたことが原因であると考えられる。また、図 2～4 に示すように、自己評価値も同じような値に集中していたのも原因であると考えられる。

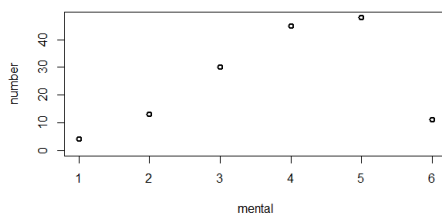


図 2. 自己評価値 mental の分布

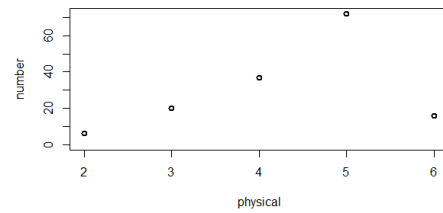


図 3. 自己評価値 physical の分布

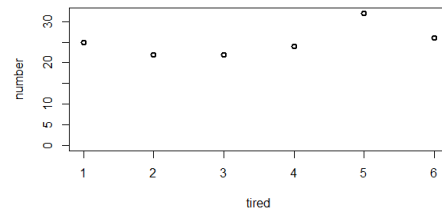


図 4. 自己評価値 tired の分布

5. 考察と今後の展望

現状、分類器の精度が向上していないのは前述の通り、学習データが不足しているのと、似たような自己評価値のデータが多いことが要因と考えられる。そこで、まずこれらの問題を改善し精度の向上を目指す。また、学習させる際に使用する表情分析値の組み合わせを変えることも効果的であると考えられる。さらに現在分類器を Support Vector Machine で構成しているが、このパラメータ調整についても検討及び改善を行う予定である。そして、学習データの構成要素である自己評価値の項目も抜本的に見直すなど精度向上に向けて様々な手法を検討したい。

参考文献

- [1] 厚生労働省, "平成 29 年 国民生活基礎調査の概況", 2018, <https://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/k-tyosa/k-tyosa17>
- [2] 内閣府, "平成 27 年度 第 8 回高齢者の生活と意識に関する国際比較調査結果（全文）", 2016, <https://www8.cao.go.jp/kourei/ishiki/h27/zentai/index.html>
- [3] Satoh A, Arima H, Ohkubo T, Nishi N, Okuda N, et al, "Associations of Socioeconomic Status with Prevalence, Awareness, Treatment, and Control of Hypertension in a General Japanese Population", NIPPON DATA2010, Journal of Hypertension 2017 Feb ,35(2),401-408

細胞骨格関連タンパク質の構造変化と機能について

Structural changes and functions of cytoskeletal protein

物質工学専攻 岩川 凌 (指導教員: 野口 太郎)

IWAKAWA Ryo, Advanced Course of Chemical Science and Engineering,
NIT (KOSEN), Miyakonojo College

Abstract

Actin, a cytoskeletal protein, exist in all eukaryotic cells and involved in many cell functions such as cell migration and muscle contraction. These functions are achieved by interacting with various actin-binding proteins. Actin takes multiple structural states. The polymorphism of actin structure is thought to be involved in affinity with actin-binding protein. Furthermore, it is suggested that actin structure is changed by force. Thus, actin may function as a "mechanosensor" that plays an important role in the mechanical response of cells. These lead to the hypothesis that structural change of actin induced by force affects affinity for actin-binding proteins.

To test this hypothesis, we first determined the observation conditions for detecting the function of actin as a mechanosensor. Therefore, actin labeled with two fluorescent dyes (FRET actin) were prepared. After that, the observation conditions for detecting the structural changes due to tension using FRET actin. As a result, we decided the observation conditions to minimize the factors that inhibit the structural change of actin.

Key Words : *Actin, Mechanosensor, FRET*

1. はじめに

1-1. アクチン^[1]

アクチンは全ての真核細胞に存在する細胞骨格タンパク質であり、細胞運動や細胞分裂、細胞の形態維持など多くの細胞機能に関係している。アクチンは単量体 (G アクチン) と、単量体が可逆的に重合し二重らせんを形成したフィラメント (F アクチン) の状態で存在する。アクチンが関係する多くの機能は、アクチン結合タンパク質 (ABP) と相互作用することで発揮する。

アクチンは様々な構造状態を取り、その構造の違いが ABP との親和性に影響を与えることが示唆されている。例えば、F アクチンのらせんピッチ長が短くなると、ABP の一つであるコフィリンとの親和性が高くなる^[2]。また、この構造変化は ABP が結合したアクチン分子だけでなく隣接したアクチン分子にまで及び、遊離の ABP に対する親和性が変化する可能性が示唆されている。このようなアクチンの構造変化が細胞内の ABP の局在化や F アクチンの機能分化に関係していると考えられる。しかし、アクチンの構造変化がどのようにそれらの機能に関与しているのかは解明されていない。

1-2. メカノセンサー

メカノセンサーとは力学的な刺激を感知することができる構造体である。このメカノセンサーは細胞にも存在し、我々の生命維持に役立っている。

これまでの研究において、蛍光標識したアクチンに *in vitro* で張力負荷を与えると、蛍光強度が変化することが示され、力によるアクチンの構造変化が示唆された^[3]。また、細胞性粘菌の一部をアスピレーターで吸引するとアクチンと ABP の一つであるミオシンIIとの親和性が上昇することが確認されている^[4]。これらの結果より、アクチンがメカノセンサーとしての機能を有している可能性が考えられた。

1-3. 蛍光共鳴エネルギー移動 (FRET)

FRET とは、一つの蛍光分子 (ドナー) から近くに存在する他の蛍光分子 (アクセプター) にエネルギーが距離依存的に移動する現象のことをいう。

この現象を利用しアクチンの構造変化を検出するため、本研究室ではこれまでに FRET アクチンが開発された^[5]。FRET アクチンとは、構造変化を検出できるようアクチン分子にドナーとアクセプターとなる蛍光色素を結合させたアクチンである。

1-4. 本研究の目的

アクチンは、物理的刺激を感知し機能を変化させる「メカノセンサー」としての働きを有していると考えられる。アクチンのメカノセンサーとしての働きを調べるため、FRET アクチンを用いて張力依存的な F アクチンの構造変化の検出や、それに伴う ABP との親和性の変化を測定する。そのため本研究では、まず測定条件の検討を行なった。

2. 研究の方法

2-1. 実験の概要

FRET アクチンを用いた張力負荷実験の概要図を Fig.1 に示す。この実験では FRET アクチンを含む F アクチンの一端をビーズに、もう一端側はニードルを結合させ、マニピュレーターを用いて張力を加える。そのためには生体内に存在しない FRET アクチンや Biotin 化アクチンを使用するほか、F アクチンを安定化させるためにファロイジンを使用する必要がある。しかし、これらはアクチンの構造変化に影響する可能性があるため、これらの要因を可能な限り取り除いた観察条件を決定する。

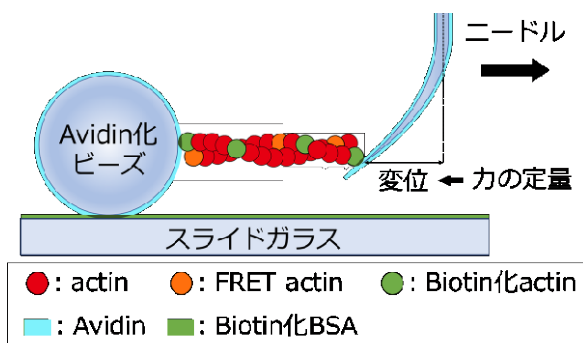


Fig.1 F アクチンの張力負荷試験

スライドガラスを Biotin 化 BSA でコートし、Avidin 化ビーズを固定する。その後、Biotin 化アクチン及び FRET アクチンを含む F アクチンの一端をビーズに結合させる。F アクチンのもう一端側に Avidin 修飾されたニードルを結合させ、マニピュレーターを用いて張力を加える。張力により FRET が変化するか測定することでアクチンの構造変化を検出することができる。

2-2. FRET アクチンの調製

変異アクチン発現プラスミドを導入した細胞性粘菌から Ni 樹脂とイオン交換カラムを用いて変異アクチンを精製した。精製後、Alexa488 cadaverine と Alexa546 maleimide により変異アクチンを標識した。

2-3. Biotin 化アクチンの調製

野生型アクチンに Biotin-Maleimide を加えることで Biotin 化アクチンを調製した。

2-4. F アクチンの調製

野生型アクチン、FRET アクチン、Biotin 化アクチンとファロイジンを混合し重合させた。混合の際、全体のアクチンのモル濃度に対する Biotin 化アクチンの濃度比を 1/10、1/100、1/1000 とした F アクチンをそれぞれ用意した。また、ファロイジンに関してもアクチンのモル濃度に対して等濃度、1/400、ファロイジンなしの 3 種類を作成し、合計 9 種類の F アクチンを調製した。

3. 実験結果

3-1. F アクチンの蛍光観察

調製した 9 種類の F アクチンを蛍光顕微鏡で観察した結果を Table.1、2 に示す。ファロイジンを加えないとフィラメントが形成されないことがわかった。また、Biotin 化アクチンの組成が 1/10 の時にのみビーズとフィラメントの結合を確認した。

Table.1 各 F アクチン組成でのフィラメントの確認

		Biotin化アクチン		
		1/10	1/100	1/1000
ファロイジン	なし	なし	なし	なし
	1/400濃度	確認	確認	確認
	等濃度	確認	確認	確認

なし：アクチンフィラメントが確認されなかった

確認：アクチンフィラメントが確認された

Table.2 各 F アクチン組成でのビーズへの結合確認

		Biotin化アクチン		
		1/10	1/100	1/1000
ファロイジン	なし	なし	なし	なし
	1/400濃度	確認	なし	なし
	等濃度	確認	なし	なし

なし：ビーズと結合したアクチンフィラメントが確認されなかった

確認：ビーズと結合したアクチンフィラメントが確認された

4. 考察

4-1. F アクチンの蛍光観察

各組成の F アクチンを観察した結果、アクチンフィラメントはファロイジンが 1/400 濃度以上の場合に確認され、ビーズへの結合は Biotin 化アクチンの組成が 1/10 のときのみ確認された。ファロイジンや Biotin 化アクチンの濃度は低いほどアクチンの構造変化に与える影響が小さくなるため、ファロイジンがアクチン濃度の 1/400 かつ Biotin 化アクチンの組成比が 1/10 の F アクチンが張力負荷試験で使用できる最適条件だと考えられる。

5. 結論

張力負荷試験に最適な F アクチンの組成を決定した。今後、ニードルによるアクチンの引張り試験やそれに伴う ABP との親和性変化を観察していく。

参考文献

- [1] Albert, B. et al., (2004) 細胞の分子生物 第3版, ニュートンプレス, 787-825
- [2] McGough et al., (1997) *J. Cell. Biol.*, **138**(4), 771-781
- [3] Shimozawa et al., (2009) *Biophys. J.*, **96**, 1036-1044
- [4] Uyeda, T. Q. P. et al., (2011) *PLoS One*, e26200
- [5] Noguchi T. Q. P. et al., (2015) *PLoS One*, e0126262

酸化水酸化鉄を固定化したマイクロカプセルを用いたヒ素の吸着

Arsenic adsorption using FeOOH immobilized microcapsules

物質工学専攻 黒木 慎一（指導教員：清山 史朗）

KUROKI Shinichi, Advanced Course of Chemical Science and Engineering,
NIT (KOSEN), Miyakonojo College

Abstract

Microcapsules containing iron hydroxide oxide (FeOOH) particles as the absorbent were prepared by trimethylolpropane trimethacrylate (Trim) with hexaglycerin ricinoleic acid (818SX) as surfactant and 2,2'-azobis(2,4-dimethyl valeronitrile) (ADV N) as polymerization initiator in the study. The microcapsules started from (W/O/W) emulsion. FeOOH were formed by mixing iron (III) chloride solution (FeCl_3) and sodium carbonate (Ca_2CO_3). The amount of particles in the microcapsules was changed depend on the concentration of 818SX, the concentration of FeOOH, the rotation speed of the homogenizer and the properties of the contained particles. The microcapsules immobilized FeOOH particles successfully adsorbed As(V) at low pH. Adsorption isotherm shows best fit for BET adsorption model. The results of adsorption experiments using various microcapsules showed that the lower the surfactant concentration, the higher the efficiency of As(V) adsorption. (W/O/W) Emulsions starting microcapsules showed higher As(V) adsorption efficiency as decrease of FeOOH. The microcapsules starting from the (W/O/W) emulsion had a larger amount of As(V) adsorption than the starting state from the (S/O/W) emulsion.

Key Words : Arsenic, Adsorption, microcapsules, iron hydroxide oxide

1. はじめに

ヒ素は地球の土壌に見られる自然の元素である。ヒ素は、主に無機ヒ素として飲料水中に存在する。それらは非常に有毒で、すぐに体内に吸収され作用し得る。天然水には主に亜ヒ酸 (As(III)) とヒ酸 (As(V)) の2つの無機ヒ素状態で存在し、 As(III) は As(V) よりも有毒で除去が難しい^{[1][2]}。

水中のヒ素によって引き起こされる環境および健康問題を解決するために、様々な処理技術が研究されてきた。中でも吸着は操作の容易さや再生の可能性という利点のために一般的な方法である^{[2][3]}。

吸着において重要なのは最適な吸着剤を開発することである。本研究では、マイクロカプセルに吸着剤として酸化水酸化鉄を固定化させ、 As(V) の吸着特性を明らかにすることを目的とする。

2. 実験

2.1 FeOOHの合成

1M- Na_2CO_3 と1M- FeCl_2 を体積比3:2で混合し、24時間攪拌してFeOOHを合成した。

2.2 FeOOH固定化マイクロカプセルの調製

界面活性剤として縮合リシノレイン酸ヘキサグリセリン(以下818SXと略記)、骨格成分としてトリメチロールプロパントリメタクリレート(以下Trimと略記)を混合し、重合開始剤の2,2'-アゾビス(2,4-ジメチルバレロニトリル)を上記の有機相の1wt%となるように添加した。内包物質である粉末状あるいは沈殿状のFeOOHと有機相をホモジナイザーで10分間攪拌してエマルジョンを調製後、丸底型反応容器に仕込んだ外水相である2wt%ポリビニルアルコール中にエマルジョンを添加し、300rpm, 333Kで2時間in-situ重合し、マイクロカプセルを調製した。調製したマイクロカプセルは吸引ろ過後、乾燥機(343K)で乾燥させた。

2.3 内包量測定

調製したマイクロカプセルをサンプル瓶に0.5g取り

6N-HCl を 20ml 加えて 24 時間振盪した。その後ろ過し、原子吸光光度計で鉄の濃度を測定した。

内包量 E' は以下の式で計算した。

$$E' = \frac{C_{Fe}[\text{ppm}] \times 0.020[\text{L}] \times \frac{88.8[\text{g/mol}]}{55.8[\text{g/mol}]}}{0.5[\text{g}]} \quad [\text{mg/g}] \quad (1)$$

2.4 吸着実験

2.4.1 吸着特性に及ぼす pH の影響

所定 pH の 1 ppmAs(V)水溶液 20ml を作成し、マイクロカプセルを 0.1g ずつ加え 303K で 24 時間振盪後、ろ過し、ICP 発光分光分析装置で As(V)の初濃度 $C_{As,0}$ と抽残液の濃度 C_{eq} を測定した。

抽出率 E_f は以下の式で算出した。

$$E_f = \frac{C_{As,0} - C_{eq}}{C_{As,0}} \times 100 \quad [\%] \quad (2)$$

2.4.2 吸着等温線の作成

pH=2 に調整した所定濃度の As(V)水溶液 20ml に、種々のマイクロカプセルを 0.5g ずつ加え 303K で 24 時間振盪後、ろ過し、ICP 発光分光分析装置で As(V)の初濃度 $C_{As,0}$ と抽残液の濃度 C_{eq} を測定した。

吸着量 q を以下の式で算出し、平衡ヒ素濃度 C_{eq} 毎にプロットして吸着等温線を作成した。

$$q = \frac{(C_{As,0} - C_{eq})[\text{mg/L}] \times 0.020[\text{L}]}{74.9216[\text{g/mol}] \times 0.5[\text{g}] \times E'[\text{g/g}]} \quad [\text{mmol/g}] \quad (3)$$

3. 結果及び考察

3.1 内包量測定

様々な調整条件を変化させた MC を調製し、それぞれの鉄の内包量を測定した。界面活性剤濃度が低いものほど内包率 E' が低くなったが、これは FeOOH 微粒子が in-situ 重合の際に 818SX による界面活性作用を受けられずに外水相に漏れ出したためと考えられる。

3.2 吸着実験

3.2.1 吸着特性に及ぼす pH の影響

内包量の最も多いマイクロカプセルを用いて As(V)の吸着実験を行い、低 pH で効率的に吸着が行われることがわかった。

3.2.2 吸着等温線の作成

算出した吸着等温線は langmuir 型ではなく BET 型を示したが、解析では Langmuir 型の吸着等温線と見なせる範囲を決め、以下の(4)式で最大吸着量 $q_{\max}$ と平衡定数 K を算

出した。

$$\frac{C_{eq}}{q} = \frac{1}{q_{\max}} \times C_{eq} + \frac{1}{Kq_{\max}} \quad (4)$$

(W/O/W) エマルションを出発状態とし、界面活性剤である 818SX の濃度を変化させて調製したマイクロカプセルの吸着等温線より、界面活性剤濃度が低いものほど高効率に As(V)の吸着を行う事が分かった。これは界面活性剤である 818SX が FeOOH に As(V)が吸着されるのを妨害するためであると思われる。

また界面活性剤濃度を一定として、内包物質である FeOOH の添加量を変化させて調製したマイクロカプセルの吸着等温線より、FeOOH の添加量が少ないものほど高効率に As(V)の吸着を行うことがわかった。添加量が少ない場合 FeOOH は離散状態で担持され、溶液との接触面積は大きくなり高効率で吸着が進むと考えられる。一方、添加量が多い場合 FeOOH は凝集した状態で担持され、溶液との接触面積は小さくなるため吸着が低効率になると考えられる。

4. 今後の課題

FeOOH 内包マイクロカプセルは低 pH で高効率に As(V)の吸着が行うことができた。FeOOH 内包マイクロカプセルは BET 型の吸着等温線を示し、さらに FeOOH の添加量と As(V)の最大吸着量 $q_{\max}$ には関係性が見られ、

(W/O/W) エマルションを出発状態とした場合は添加量の増加とともに最大吸着量 $q_{\max}$ は減少した。

今後の課題として、(W/O/W) エマルションを出発状態としたマイクロカプセルの FeOOH 添加量をさらに減少させて調製した場合の最大吸着量 $q_{\max}$ を検討することがあげられる。

5. 参考文献

- [1] A.I.A.Sherlala, A.A.A.Raman, M.M.Bello, A.Buthiyappan, "Adsorption of arsenic using chitosan magnetic graphene oxide nanocomposite", 2019
- [2] Richa Soni, Dericks Praise Shukla, "Synthesis of fly ash based zeolite-reduced graphene oxide composite and its evaluation as an adsorbent for arsenic removal", 2019
- [3] Fangnan Xu, Huxing Chen, Yuxia Dai, Shuanglei Wu, Xianjin Tang, "Arsenic adsorption and removal by a new starch stabilized ferromanganese binary oxide in water", 2019

TiO₂によるスチレン誘導体とアセトニトリルからのγ-ケトニトリルの合成

Synthesis of γ-ketonitrile from styrene derivatives and acetonitrile over TiO₂

物質工学専攻 後藤 光貴（指導教員：山下 敏明）

Goto Koki, Advanced Course of Chemical Science and Engineering,
NIT (KOSEN), Miyakonojo College

Abstract

The first example of carbonylcyanomethylation with titanium oxide (TiO₂) photocatalyst is described. Styrene derivatives react with acetonitrile activated by TiO₂ to form γ-ketonitrile in one pot. Oxygen in the air can serve as the carbonyl oxygen source in this reaction. This protocol features simple operations, metal and base free, and atom and step economy.

Key Words : Cyanomethylation, TiO₂, styrene, radical addition, photocatalyst, aerobic oxidation

1. はじめに

1-1. 研究の背景

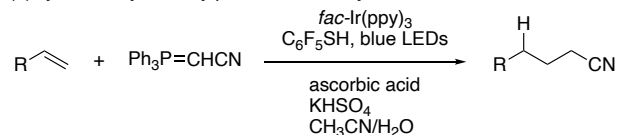
シアノ基はケトンやカルボン酸、アミドなどに変換が可能であるため、医薬品をはじめとした有機材料、全合成の中間体として利用されている。最も単純なシアノ化剤である青酸化合物は毒性が高く、代替法が盛んに研究されており、光レドックス触媒による反応 (図 1 a)¹⁾や過酸化水素を用いた反応 (図 1 b)²⁾など均一系触媒の改良が多く報告されている。しかし、それらはシアノ源が複雑で高価なことや有機過酸化水素を加熱することによる危険性の懸念などの課題を抱えている。そのような中、吉田らにより白金担持酸化チタン(Pt/TiO₂)を用いたアセトニトリルによるシアノメチル化が報告³⁾された。酸化チタンは不均一系の光触媒であり、人体に無害で、紫外光照射により活性種を生成するため高温などの過酷な条件を必要としない。そのため、グリーンケミストリーの観点から有機合成における利用を期待されている。しかし、まだ一般的ではない。また、アセトニトリルは最も単純なシアノメチル源で、溶媒として広く利用されるほど安価であり、シアノメチル化した際に失われるのはH原子のみであるため、アトムエコノミーの観点からもアセトニトリルによるシアノメチル化は優れた反応である。酸化チタンを用いた新規なシアノメチル化反応の開発は安全かつ安価で低エネルギーなシアノ化反応の実現に寄与できると期待される。

本研究では、スチレン誘導体に対して酸化チタンを用いたシアノメチル化を行うことで二重結合部の末端炭素がシアノメチル化されるとともにβ位がカ

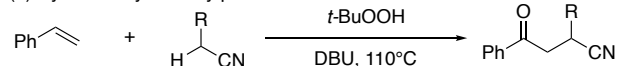
ルボニル化したγ-ケトニトリルが得られることを見出した(図 1 c)。また、触媒や雰囲気を変更し、γ-ケトニトリルを得るための最も効率の良いシアノメチル化の条件を検討した。さらに、マイクロオーダーの流路でフロー反応を行うマイクロリアクター(MCR)で反応を行うことで反応機構の調査を行った。

Previous method

(a)Cyanomethylation by photoredox catalyst



(b) Cyanomethylation by peroxide



This method

(c)Cyanomethylation by TiO₂

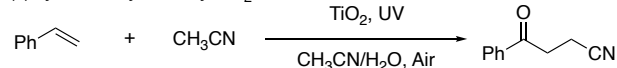


図 1 先行研究および本研究のシアノメチル化反応

2. 実験

2-1. アルケン類のシアノメチル化

反応は、スチレン (1a, 0.02 mmol)、TiO₂ 粉末 0.020 g を含むアセトニトリル：水=24：1 の溶液 5 mL を試験管中で 100 W 高圧水銀灯を用いて 4 時間光照射して行った。光照射後、反応溶液から TiO₂ を濾過操作して除き、ガスクロマトグラフで分析した。また、基質を α-メチルスチレン (1b)、インデン (1c)、1-ヘプテン (1d)、アクリロニトリル (1e) に変更してそれ

ぞれ反応を行った。

2-2. MCR でのスチレンのシアノメチル化

バッチ反応で用いた **1a** 溶液を、流路幅 2 mm、深さ 50 μm 、長さ 168.27 mm の微小流路に 1 $\mu\text{L}/\text{min}$ で流しながら、Pt/TiO₂ 薄膜に接触させ、400 W 高圧水銀ランプで光を照射した。

3. 結果および考察

反応の結果、**1a** の末端炭素がシアノメチル化し、 α 炭素がカルボニル化した生成物 **2a** が得られた。反応条件を変更して最適化を行った結果を表 1 に示す。空気雰囲気下で TiO₂ 触媒を用いたときに収率が最も高くなった。Ar 雰囲気中では α 位がさらにシアノメチル化した生成物 (**3a**)、中間体ベンジルラジカル同士がカップリングした生成物 (**4a**) が副生成物として得られた。

表 1 スチレンのシアノメチル化反応の最適化

entry	溶媒(mL)	触媒	雰囲気	2a収率(%)
1	CH ₃ CN(5)	TiO ₂	air	15
2	CH ₃ CN(4.5)+H ₂ O(0.5)	TiO ₂	air	26
3	CH ₃ CN(4.8)+H ₂ O(0.2)	TiO ₂	air	51
4	CH ₃ CN(4.9)+H ₂ O(0.1)	TiO ₂	air	32
5	CH ₃ CN(4.8)+H ₂ O(0.2)	TiO ₂	Ar	23
6	CH ₃ CN(4.8)+H ₂ O(0.2)	Pt/TiO ₂	air	10
7	CH ₃ CN(4.8)+H ₂ O(0.2)	Pt/TiO ₂	Ar	2

次に基質を **1a** から **1b-e** に変更してシアノメチル化を行った(図 2)。スチレン誘導体の **1b** からはシアノメチル化とヒドロキシ化した **2b**、**1c** からはカルボニル化した **2c** が得られた。しかし、脂肪族アルケンの **1d**、**1e** からは対応する生成物 **2d**、**2e** は確認されなかった。

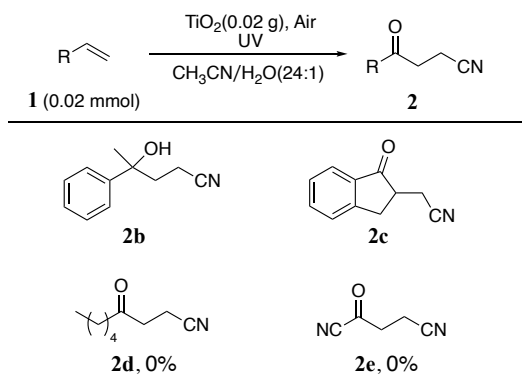


図 2 **1b-e** のシアノメチル化反応

MCR では **2a** は確認されず、**3a**、**4a** のみが生成し

た(図 3)。これは、MCR ではバッチ反応と異なり、反応液と空気の界面がないため O₂ が系中に供給されず **2a** ができなかったためだと考えられる。これらの結果から、生成する γ -ケトニトリルのカルボニル酸素は溶媒の水由来でなく、空気中の酸素由来だと考えられる。

以上の検討結果から本反応の反応機構を次のように考察した(図 4)。まず、酸化チタンによってアセトニトリルの不活性な C-H 結合が解離してシアノメチルラジカル(**5**)が生成し、それがスチレンの電子豊富な β 炭素に付加して中間体のベンジルラジカル(**6**)が生じ、酸素がトラップされることでペルオキシラジカル(**7**)、次いでペルオキシド(**8**)ができて生成物の γ -ケトニトリル(**2a**)ができると考えられる。**3a**、**4a** は系中に酸素の供給が十分でない時に **6** と **5** の反応、および **6** 同士のカップリング反応が起こることによって生成すると考えられる。

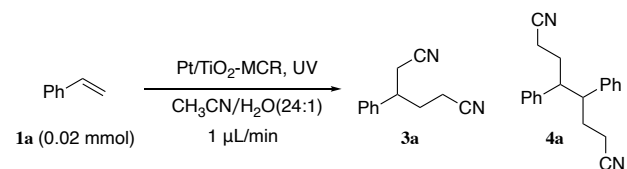


図 3 MCR を用いたスチレンのシアノメチル化反応

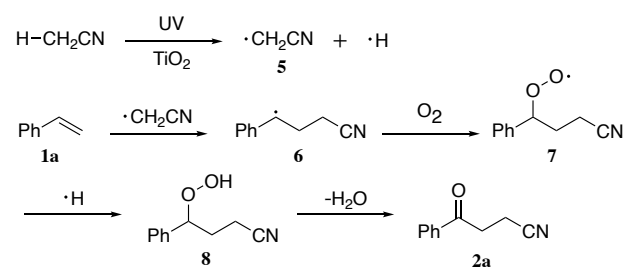


図 4 スチレンのシアノメチル化反応の反応機構

4. 総括

スチレン誘導体と TiO₂ をアセトニトリル、水混合溶液中で反応させるとカルボニルシアノメチル化された生成物が得られた。スチレン誘導体の α 位に置換基がある場合はヒドロキシシアノメチル化された生成物が得られた。

5. 参考文献

- 1) T. Miura, D. Moriyama, Y. Funakoshi, M. Murakami, *Synlett*, **2019**, 30, 511-514
- 2) X. Lan, N. Wang, C. Bai, C. Lan, T. Zhang, S. Chen, Y. Xing, *Org. Lett.* **2016**, 18(23), 5986-5989
- 3) E. Wada, T. Takeuchi, Y. Fujimura, A. Tyagi, T. Kato, H. Yoshida, *Catal. Sci. Technol.*, **2017**, 7(12), 2457-2466

Pt/TiO₂ 存在下でのアセトニトリルを用いた インドールの直接的シアノメチル化反応

Direct cyanomethylation of indole with acetonitrile using Pt/TiO₂ photocatalyst

物質工学専攻 中村 隼人 (指導教員: 山下 敏明)

NAKAMURA Hayato, Advanced Course of Chemical Science and Engineering,
NIT (KOSEN), Miyakonojo College

Abstract

The direct cyanomethylation of indole with acetonitrile using a platinum-loaded TiO₂ (Pt/TiO₂) photocatalyst was achieved in batch conditions to yield indole-3-acetonitrile, a substitution product. In this study, the appropriate composition of water/acetonitrile solution, the additive effects of sodium bicarbonate as a base or Pd black as a metal catalyst, and initial concentration of indole were examined to improve the product yield. The cyanomethylation of indole (0.1 mmol) in 25 mL of 6:4 (v/v) acetonitrile-water solution with Pt/TiO₂ under UV irradiation afforded the substitution product in 20% yield, which was the highest value in this study. In addition, it was confirmed that Pt/TiO₂ particles adsorbed indole and indole-3-acetonitrile at a certain rate. Furthermore, it was found that indole and indole-3-acetonitrile photochemically underwent the decomposition under UV irradiation even without the use of photocatalysts.

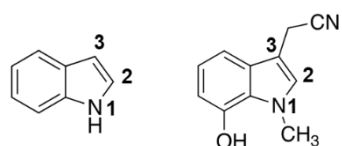
Key Words: Cyanomethylation, Pt/TiO₂, Indole, Indole-3-acetonitrile, Chemisorption, Decomposition

1. はじめに

1-1. 研究の背景

インドールは、抗炎症薬、抗 HIV 薬、抗マラリア薬、抗うつ薬などの化学構造の骨格として、医薬品をデザインする上で重要な位置を占めている^[1]。例えば、7-ヒドロキシ-1-メチルインドール-3-アセトニトリル(7-HMIA、図 1)は、カラギーナン誘発炎症性足浮腫を抑制する効果がある。7-HMIA を合成するために、インドールの 3 位にホルミル基を導入し、シアン化ナトリウム(NaCN)を用いてシアノメチル化する方法が知られている^[2]。NaCN は、有機合成においてシアノ基を導入するための試薬としてよく用いられる一方で、毒劇物取締法で毒物に指定されており、非常に毒性が高い試薬である。この問題を解決するために、近年、比較的毒性の低いアセトニトリルをニトリル源として用いる手法が開発されている。また、本研究は不均一系光触媒の Pt/TiO₂ を採用している。Pt/TiO₂ は、均一系光触媒反応に比べて、反応混合物からの触媒の分離が容易であり、再使用が可能となる。

Yoshida らは、Pt/TiO₂ あるいは Pt/TiO₂ と Pd/Al₂O₃

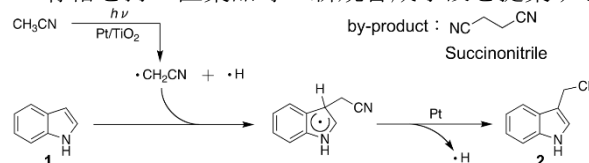


インドール
図 1 インドールと 7-HMIA
の構造

の混合物を用いてアセトニトリルからシアノメチルラジカルを生成させ、ベンゼンをベンジルシアニドへと化学変換する方法を報告している^[3]。この方法で得られるベンジルシアニドの収率は 1%未満であり、発展途上の段階である。

1-2. 本研究の目的

本研究は、Pt/TiO₂ の存在下でアセトニトリルをニトリル源としたインドール(1)からのインドール-3-アセトニトリル(2)の合成(スキーム 1)における反応収率の向上を目的とした。本研究により、インドール骨格を持つ医薬品等の新規合成手段を提案する。



スキーム 1 Pt/TiO₂ 存在下でのアセトニトリルを用いた 1 の直接的シアノメチル化反応による 2 の合成

2. 研究成果

2-1. 各溶媒混合比における光触媒存在下での 1 のシアノメチル化反応による 2 の合成

1(0.1 mmol, 0.0117 g)を含むアセトニトリル/水混合溶液 25 mL を様々な混合比で調製し、Ar ガスで脱気した。反応は、溶液 5 mL に対して TiO₂ 粉末 0.0200 g、

Pt/TiO₂ 粉末 0.0200 g、Pt/TiO₂ 粉末 0.0200 g と Pd 黒 0.0050 g をそれぞれ別のパイレックス試験管に加え、900 rpm で攪拌しながら 25℃を保ち、100 W 高圧水銀灯で 6 時間照射して行った。光照射後、内部標準物質のドデカンを加え、適当な溶媒で溶かし GC で分析し、**1** の転化率、**2** の収率と選択率を算出した。

アセトニトリルと水を様々な混合比で溶媒としたときの **1** からの **2** の合成の結果を図 2 に示す。反応の結果、Pt/TiO₂ 存在下でアセトニトリルと水の混合比が 6:4 のとき、**1** の転化率(88%)、**2** の収率(20%)および選択率(23%)が最も高かった。Pd 黒は、反応中間体からの水素引き抜きのために添加した。Pd 黒を添加したことで、光の透過が阻害され、収率が減少したと考えられる。

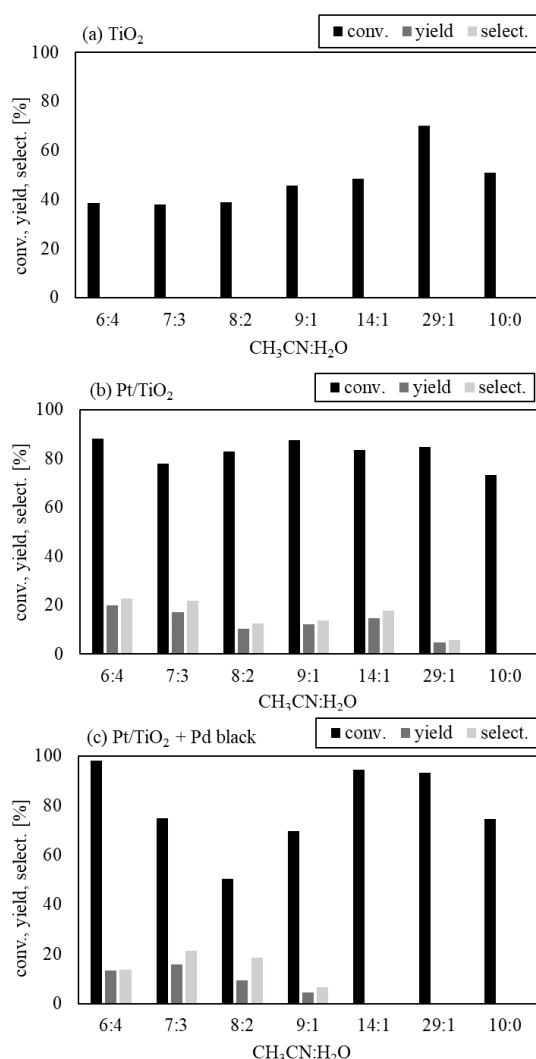


図 2 溶媒の混合比と転化率(conv.)、収率(yield)および選択率(select.)の関係 (a) TiO₂, (b) Pt/TiO₂, (c) Pt/TiO₂ + Pd 黒

2-2. **1** の各初濃度における Pt/TiO₂ 存在下での **1** のシアノメチル化反応による **2** の合成

0.1, 0.2, 0.3, 0.4 mmol の **1** を含むアセトニトリル/水(CH₃CN:H₂O=8:2)混合溶液 25 mL を調製し、Ar ガスで脱気した。反応は、溶液 5 mL に対して Pt/TiO₂ 粉末 0.0200 g、Pt/TiO₂ 粉末 0.0200 g と Pd 黒 0.0050 g をそれぞれ別のパイレックス試験管に加え、900 rpm で攪拌しながら 25℃を保ち、100 W 高圧水銀灯で 6 時間照射して行った。光照射後、**2-1** と同様に **1** の転化率、**2** の収率と選択率を算出した。

反応の結果、**1** の初濃度 0.2 mmol/25 mL で Pt/TiO₂ を添加したとき、転化率(71%)、収率(11%)および選択率(16%)が最も高かった。**2-1** と同様に、Pd 黒を添加したことによる収率の向上は見られなかった。

3. 総括

Pt/TiO₂ 存在下でのアセトニトリルを用いた **1** の直接的シアノメチル化反応は、**1** の初濃度 0.1 mmol/25 mL、CH₃CN:H₂O=6:4 のとき、**2** の収率が最大となった。このシアノメチル化反応には、水の存在が必要不可欠であることが分かった。NaHCO₃ と Pd 黒は、収率の向上に効果がなかった。

4. 今後の課題

本研究の大きな課題は、**2** の収率が非常に低いことである。解決策として、適切な塩基の探索が考えられる。スキーム 1 の律速段階は、TiO₂ の励起により生じた正孔がアセトニトリルの C-H 結合を解離させ、シアノメチルラジカルを生成させるステップであると考えられる。適切な塩基の添加により、アセトニトリルの C-H 結合解離を誘導し、**2** の収率の向上が期待される。また、MCR が **1** と **2** の光分解の抑制に有効であると考えられる。MCR とは、一辺が 1 mm～数十 μm からなる微小空間で化学反応を行うフロー式反応器である。短い光路長による高い光透過性、触媒全体への均一な光照射により、MCR の利用は一般的に反応効率を向上させる。流路内の Pt/TiO₂ 薄膜側から反応溶液の順に光を当てると、**1** と **2** に直接当たる光が減少し、それらの光分解の抑制が期待できる。

5. 参考文献

- [1] P. V. Thanikachalam, R. K. Maurya, V. Garg, V. Monga, *Eur. J. Med. Chem.* **2019**, 180, 564
- [2] T. H. Kwon, I. H. Yoon, J.-S. Shin, Y. H. Lee, B. J. Kwon, K.-T. Lee, *Bioorg. Med. Chem. Lett.* **2013**, 23, 2571
- [3] H. Yoshida, Y. Fujimura, H. Yuzawa, J. Kumagai, T. Yoshida, *Chem. Commun.* **2013**, 49, 3793

地方都市に建つ免震建物における免震層内の調査研究

The Research on a Base-Isolation Layer of a Base-Isolation Building in Local Cities

建築学専攻 甲斐 大也（指導教員：加藤 巨邦）

KAI Hiroya, Advanced Course of Architecture, NIT(KOSEN), Miyakonojo College

Abstract

In order to investigate how the difference in air permeability of the vertical clearance of the base isolated building influences the environment inside the base-isolated layer, we measured temperature and relative humidity for about 28 months from early May 2018 to the end of August 2020. In this study, first, we compared outside temperature with observation data. Second, we compared the observed data with data observed in other spots.

The following results were obtained: 1) In summer, the temperature in the base-isolated layer is lower than the outside temperature on the other hand, in winter is higher. 2) Some space inside the base-isolated layer are affected by outside air, and others are not. 3) It was confirmed that when the vertical clearance has air permeability, the humidity tends to decrease. 4) Some hygrometers have measurement errors, so the measurement method needs to be changed.

For more accurate discussions, it is imperative to investigate other base isolated buildings.

Key Words : Base-isolation Building ,Measurement survey, Temperature, Relative humidity, Absolute Humidity

1. はじめに

阪神淡路大震災以降、大地震時には免震建物が有効であることが証明されてから、国内には免震建物が数多く建設されている。また、免震構造には積層ゴムを用いるため、温度変化による剛性に関する研究がなされてきた。しかしながら、免震建物の免震部材には鋼材を使用しているため、高湿化した免震層内において結露が繰り返し発生すると鋼材部の発錆が危惧されている。そのため、免震層内の湿度を把握することは、免震建物の維持管理に不可欠である。また、地方都市に建つ免震建物は、建物相互の隣接間隔を比較的に広い状態にできると考えられる。そのため、地方都市に建つ免震建物は、外部風が建物外壁に正圧をかけやすい状態となり、免震層内の鉛直クリアランスから免震層内に外気が入って層内部の自然換気が行われやすくなっている箇所もあると思われる。そこで本研究では、地方都市に建つ既存免震建物の免震層内を測定することより、免震層の内部環境をより詳細に把握し、免震建物のメンテナンス作業を極力減らすことのできる維持管理の方法を考察する。

2. 建物概要および測定概要

本対象建物は宮崎県日向市に建設された地上4階建ての免震建物である。図1に免震層の平面図を示す。鉛直クリアランスは、全周において15cm程度

確保されているが、図1の実線で示す箇所においては外周部にウッドデッキが設置されている。免震層内から確認したところ、この実線部では日差しは遮られていたため、通気性はないと思われる。また、図1の破線で示す部分においては植え込みが施されている状態ではあるが、光の差し込みが確認されたため、通気性があると思われる。免震層内における測定は、目視確認を行うとともに、温度計および温湿度計を用いて測定した。図1に測定位置を示す。温度の観測は2018年5月11日から開始し、相対湿度の測定は同年8月16日から開始して、現在も継続中である。但し、測定途中で装置（温湿度計）に不具合があり測定できなかった期間が一部生じていた。

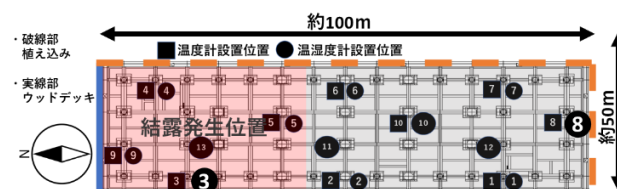


図1 免震層の平面図兼測定位置

3. 測定結果および考察

3.1 冬・夏季の表面結露の目視確認結果

梅雨時に目視確認を行ったところ、免震層内の北部（図1参照）に位置する免震部材およびその取付部や設備配管等の表面には、多量の結露が見られた。但し、冬季においても前述の部分を目視確認した際

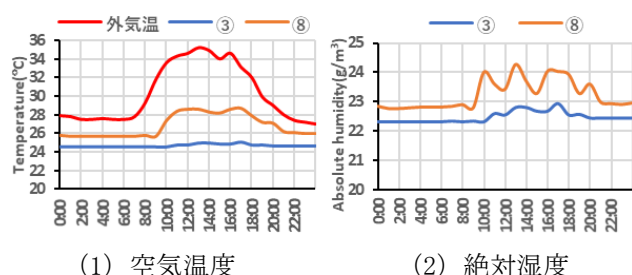
は結露が確認できなかった。また、免震層内の南部においては、今回測定した全期間において上述のような結露は見られなかった。

3.2 外部風との関係

目視確認による結露発生の有無より、外部風が免震層内にどのような影響を与えているのかを考察するために、測定位置③と⑧の比較を行った。なお、抽出日は日最高気温が 35℃を超えた夏日であり、かつ降水が観測されていない日を抽出した。表 1 には、2020 年 8 月 16 日の気象庁¹⁾で観測された風速と風向を示す。図 2 には、図 1 中に示した測定位置③、⑧の空気温度・絶対湿度、気象庁¹⁾で観測された外気温の日変化を示す。図 2 (1) より、測定位置⑧の空気温度は外気温とほぼ同様の変化を示し、9 時頃から上昇し正午付近で最高温度に達している。測定位置③の空気温度は 1 日を通してほぼ一定である。一方、図 2 (2) より、測定位置⑧の絶対湿度は 9 時頃から上昇し 10 時頃から低下に転じている。その後の測定記録においても、同様の変化がみられた。なお、測定位置⑧の温度・絶対湿度の上昇が観測された 9 時という時間は気象庁発表の風向観測（表 1）が東北となった時間と等しい。これより、海から陸に向けて吹く湿った暖かい風が免震層内に侵入したことより、測定位置⑧の空気温度上昇および絶対湿度上昇・下降が生じたと考えられる。また、測定位置③は⑧と同様の変化を示しているが、変動幅が小さくなる傾向がみられた。これは、建物外周部に設置されているウッドデッキの下地材により、風が通り抜けられないため、外部風による影響を受けにくかったと考えられる。この結果より、鉛直クリアランスの通気性がある免震建物では、外部風による自然換気が行える可能性を示唆している。

表 1 抽出日における気象庁で観測された風向

2020年8月16日												
1:00	2:00	3:00	4:00	5:00	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	
西南西	西北西	西北西	北西	西	西北西	北西	北東	東南東	東	東		
13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00	24:00	
南東	東南東	東南東	東南東	南東	南南西	南南西	西南西	西南西	静穏	西南西	西南西	



(1) 空気温度

(2) 絶対湿度

図 2 測定位置③、⑧の空気温度・絶対湿度の時間変化

3.3 冬・夏季の免震層内の絶対湿度変動

冬季(2019 年 12 月 1 日～31 日)および夏季(2020 年 8 月 1 日～27 日)において、それぞれの免震層内

の比較を行った。図 3 には、免震層内の絶対湿度変動と気象庁¹⁾で観測された 1 時間降水量を示す。これより、夏季の絶対湿度変動幅は冬季より小さくなっているが、絶対湿度の値そのものは大きくなっている。これは、外部風によって免震層内に湿った空気が侵入した結果、夏季免震層内の空気中に含まれている水蒸気量が多くなったと考えられる。また、冬季の免震層内は夏季より降水による絶対湿度上昇が大きくなる傾向がみられた。これは、降水前の冬季の免震層内温度の飽和水蒸気量に対して、層内部の水蒸気量が少ないためと考えられる。この結果より、夏季と冬季の免震層内空気に含まれている水蒸気量は差が出ると推測される。また、梅雨時の免震層内南部において結露発生がみられなかった要因の一つとして、風の通り抜けが挙げられる。そのため、免震層内に外部風を取り込んだほうが、梅雨時の免震層内の結露発生を抑制することができるのではないかと考えられる。

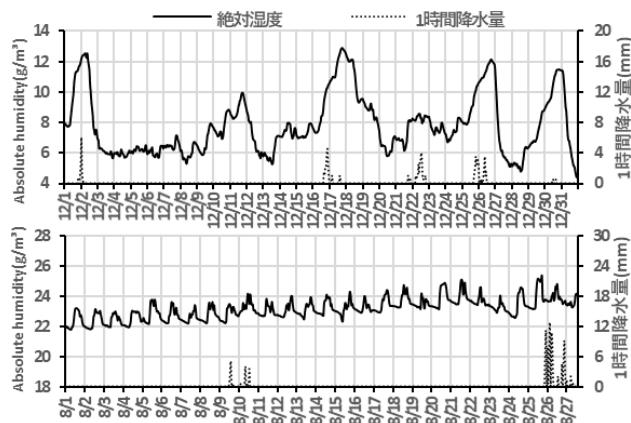


図 3 免震層内の絶対湿度変動

上：冬季(2019/12/1～31)、下：夏季(2020/8/1～27)

4. まとめ

本報では、地方都市に建つ免震建物の免震層内の環境について実測調査を行い、以下の知見を得た。

- (1) 冬季と夏季の免震層内空気に含まれる水蒸気量は差が出るという結果を得られた。
- (2) 免震層内では、通気性がある鉛直クリアランスを用いることより、外部風による自然換気が行える可能性を示唆した。

今後は本対象建物の観測を継続して行い、自然換気の有効性および免震層内の環境変化について検討を行う予定である。また、地方都市に建つ免震建物においても同様の観測を行い、免震層内環境に違いが生じるのか検討を行う予定である。

参考文献

- 1) 気象庁 ホームページ

400N 級建築構造用鋼材のひずみエネルギー量の ばらつきに関する基礎的研究

Basic study on variations of strain energy of steel for building structure

建築学専攻 徳留 光祐 (指導教員：加藤 巨邦)

TOKUDOME Kosuke, Advanced Course of architecture
NIT (KOSEN), Miyakonojo College

Abstract

In this study, a comparative study on the variation of elasto-plastic strain energy between SS400 and SN400B was conducted. First, in this method, tensile tests were performed on two steel types, SS400 and SN400B. Second, we calculated the amount of strain energy based on the stress-strain curve obtained by the test and investigate its variations. And third, the strain energy was simply calculated using the “yield point”, “tensile strength” and “elongation” obtained in the tensile test. The validity of the calculation of the amount of strain energy obtained by the equation is shown. The result shows that the amount of strain energy obtained by the tensile test and that obtained by our proposed equation are roughly the same. At the present stage, the average value of the strain energy of the SN material is larger than that of the SS material. However, regarding variations, it was found that those of SN materials are smaller.

Key Words : Yield point, Tensile strength, Mill sheet, Strain energy

1. はじめに

過去に発生した大震災の被害状況から 1981 年に新耐震基準が制定された。現在、大地震時には地震時の振動エネルギーを鋼材の弾塑性変形を利用したエネルギー吸収量で消費させて建物の倒壊を免れようとする設計が行われている。その設計思想を元にして、SN 材が開発された。しかし現在も、従来の SS 材が比較的多く用いられている。これらの鋼材の弾塑性変形性能の特徴を表すパラメーターとして、降伏点、引張強さ、伸び、降伏比の 4 つが挙げられ、既往の研究¹⁾によって、それぞれの値に関するばらつきの比較検討が行われている。しかしながら、設計思想を元にとすると、エネルギー吸収量の面で、SN 材の優位性、安定性を示し、普及につなげることが重要であると考えた。そこで、鋼材のエネルギー吸収量を実験により算出し、SS 材と SN 材の比較検討を行うこととする。それに加え、ミルシートの値を元にしてエネルギー吸収量を簡易的に算出する方法を考え、比較検討を行うこととする。

2. 引張試験による比較検討

今回比較検討を行う両鋼材のうち、主要な板厚の鋼材より、JIS で規定されている形状の試験体を切り出して破断時までの引張試験を行った。本年度は、

SS 材：8 体、SN 材：9 体、全 17 体についての引張試験を行った。まず、引張試験結果と引張試験に用いた鋼材のミルシートに記載されている値の主要な三つの値(降伏点、引張強さ、伸び)について比較した。2 項種ともに降伏点、引張強さ、伸びの平均値はほぼ同程度であることが分かった。次に、降伏比について検討を行った。降伏比に関しては、JIS 材においては SS 材の規定はないが、SN 材は板厚 16mm を超える鋼材で規定されている。今回の試験体に関しては、降伏比が 80%を超える鋼材が数体確認できたが、これらの鋼材は板厚 6mm の鋼材であったため、試験体として大きな支障のないものと考えた。

3. 引張試験によるひずみエネルギー量の算出

引張試験で得られた σ - ε 曲線からひずみエネルギー量(E_{ev})を算出した。その際、ひずみエネルギー量を算出するひずみ度に関しては、標点距離のひずみを元としているため、標点距離の破断時ひずみ度と試験機のクロスヘッド間の距離を元にしたひずみ度との関係を用いて求めた比例係数をかけることにより実情に合わせることにする。これにより得られた応力度—ひずみ曲線からひずみエネルギーを算出し比較検討を行う。3 年前に引張試験が行われた 26 体については、上記の比例係数による修正が行われて

いなかった。そのため、本年度の試験体と併せて 43 体のデータについて算出し比較を行った。各鋼材のひずみエネルギー量に関する正規分布図を図 1 に示す。これらの 2 鋼種は、平均値は SN 材の方が大きく、ばらつきは SN 材の方が小さいことが分かった。

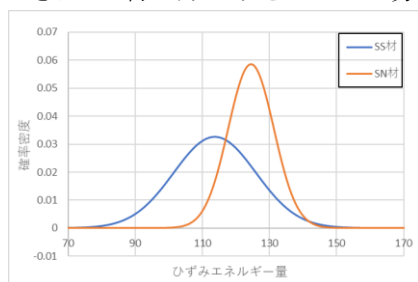


図 1 各鋼材のひずみエネルギー量(Eev)の正規分布曲線

4. 簡易的に算出する方法による比較検討

簡易的に算出する方法とは、引張試験で得られた降伏点を上底、引張強さを下底、伸びを高さとする台形の面積で算出する方法である。各試験体において、引張試験で得られた主要な三つの値(降伏点、引張強さ、伸び)を用いて、簡易的に算出する方法を用いてひずみエネルギー量(Esc)を算出し、Eev との比較検討を行った。

はじめに、Eev と Esc との相関関係を図 2 に示す。図中の破線は最小二乗法で算出した一次関数式である。図中の R^2 で示されている決定係数が 2 鋼種ともに 1 に近い値となっており、2 鋼種ともに良い相関関係であるため Eev と Esc は概ね 1 対 1 で対応していると考えられる。従って、今回検討を行った簡易的に算出する方法を用いてひずみエネルギー量を算出しても大きな遜色はないものと思われる。

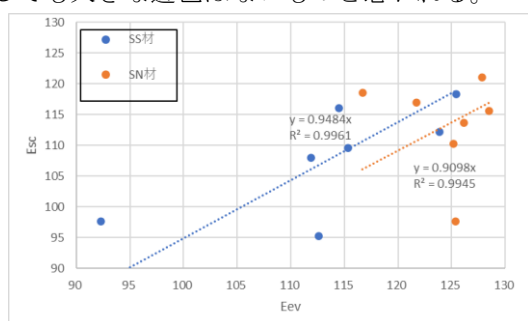


図 2 Eev と Esc の相関図

主要な三つの値を用いて算出したひずみエネルギー量の正規分布図を図 3 に示す。その結果、図 1(Eev) と図 3(Esc)は同等の傾向が見られたが、ばらつきは若干図 3 の方が小さくなった。また、ひずみエネルギー量の平均値は 2 鋼種ともに Esc の方が大きく、ばらつきは SS 材が Esc の方が安定しており、SN 材は若干ではあるが Eev の方が安定していた。

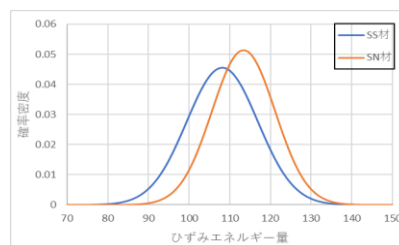


図 3 簡易算出方法によるひずみエネルギー量(Esc)の正規分布曲線

5. 実建物に使用された鋼材のひずみエネルギー量

実建物に使用されるすべての鋼材を用いて引張試験を行うことは不可能である。そのため、Eev と Esc が概ね 1 対 1 で対応していることから、実建物に使用された鋼材のミルシートを元にして主要な機械的性質の値より、簡易的に算出する方法でひずみエネルギー量を算出し、比較検討を行った。その結果、SN 材の方が SS 材よりもばらつきが小さいことが分かった。今回検討を行ったサンプル数を表 1、2 鋼種に関する正規分布図を図 4 に示す。

表 1 サンプル数

鋼材	炉	数	合計
SS400	電炉	888	1321
	高炉	433	
SN400B	電炉	322	482
	高炉	160	

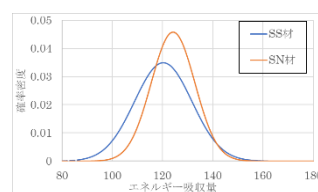


図 4 2 鋼種の正規分布曲線

6. まとめ

本研究では、まず引張試験から得られた σ - ϵ 曲線を用いてひずみエネルギー量を算出した。次に 400N 級鋼材に関して、その機械的性質のうち主要な値である降伏点、引張強さ、伸びの三つの値を用いて簡易的に算出する方法でひずみエネルギー量を算出した。上記の 2 つの算出方法によるひずみエネルギー量が概ね 1 対 1 で対応していることから、簡易的に算出する方法の妥当性を示した。この考えを元に、実建物に使用された鋼材のミルシートを用いて簡易的に算出する方法でひずみエネルギー量を算出した。上記の三つの算出方法を用いたひずみエネルギー量を比較したところ、平均値は SN 材の方が大きく、ばらつきに関しては、SN 材の方が小さかった。これより、SS 材よりも SN 材の方が安定性があると思われるため、SN 材を普及させる一助になると考える。

参考文献

- 1) 建築構造用鋼材特性の現況とその活用, 2013 年度日本建築学会大会(北海道), 構造部門(鋼構造), パネルディスカッション資料 pp.7, pp.11, pp.12 2013.9

地方都市における空間的ストック発生要因に関する研究

—宮崎県都城市を対象として—

Study on the Factors that Cause Vacant Houses and Vacant lots in local cities

-Miyakonojo city in Miyazaki Prefecture as study object-

建築学専攻 長友 駆 (指導教員: 杉本 弘文)

NAGATOMO Kakeru, Advanced Course of Chemical Science and Engineering,
NIT(KOSEN), Miyakonojo College

Abstract

In recent years, due to the declining birthrate and aging population, the declining population, and the aging of existing houses, there has been a problem of increasing the number of unoccupied houses and buildings nationwide. In this study, in order to curb the occurrence of vacant houses in local cities, we consider the factor of vacant house generation and the problems in community planning and housing development in local cities due to the actual situation of local residents' living and community awareness. Those who answered that it is comfortable to live in, with the willingness to transfer and sell more strongly than the willingness to protect their homes, with women tending to be higher. It was found that changes in life stages, such as employment, marriage, and buying a house, were related to the background of the move. In terms of living comfort, it is expected that the enhancement of soft aspects such as medical / welfare, security, work, and human friendliness is important. It was found that the location condition was the most important for the resident's consciousness of residence.

Key Words : Provincial city, Vacant house occurrence factor, Settlement consciousness, Living comfort

1. 背景及び目的

地方都市では、広大な敷地を所有している世帯が多い反面、都市部への人口流出による後継者不在や、高齢化に伴い、住宅や庭の手入れが行き届かないといった問題が起き、その結果、整備不十分な住居が多くなり、まちなかの空き家は増加傾向にある。

本研究では地方都市の空き家発生の抑制に向けて、近年種々の取り組みが行われている宮崎県都城市の市街地を対象として、地域居住者（全世帯配布・同居家族）に対するアンケート調査を実施した。これを基に、地域居住者の生活・コミュニティ意識の実態を明らかにし、居住者の定住・移住意識との相関から、空間的ストックの発生要因について考察し、活用に至るまでのプロセスを検討することを目的とする。

2. 調査概要

2. 1 調査方法

アンケートは各世帯に、世帯主 1 部、同居家族に 2 部配布した。公民館加入者は回覧板、未加入者には直接配布・回収とした。回収状況を表 1 に示す。

2. 2 属性

世帯主、同居家族に分けて集計を行った。回答者の男女比を表 2 に、回答者の年齢層を表 3 に示す。

表 1 アンケート調査回収状況

対象者	世帯主	同居家族	全体
配布数(件)	374	748	1122
回答数(件)	197	171	368
回収率(%)	52.7	22.9	32.8

表 2 回答者の男女比

性別	世帯主		同居家族	
	人数(人)	割合(%)	人数(人)	割合(%)
男	138	68.9	37	21.6
女	59	31.1	134	78.4
合計	197	100.0	171	100.0

表 3 回答者の年齢層

年齢	世帯主		同居家族	
	人数(人)	割合(%)	人数(人)	割合(%)
10代	0	0.0	11	6.4
20代	0	0.0	10	5.8
30代	4	2.0	15	8.8
40代	14	7.1	22	12.9
50代	27	13.7	30	17.5
60代	37	18.8	32	18.7
70代	44	22.3	24	14.0
80代	24	12.2	9	5.3
90代以上	5	2.5	1	0.6
不明	42	21.3	17	9.9
合計	197	100.0	171	100.0
平均年齢	62.6		49.0	

3. 調査結果

3. 1 定住意識²⁾と居住快適性評価³⁾

定住意識と居住快適性評価の相関(図1)では、世帯主・同居家族共に70%以上の人定住意識を持っており、居住性が良いと回答していることから、定住意識を持っている人は居住快適性評価が高い傾向があると言える。

3. 2 定住意識と将来的な住まいへの意思

定住意識と将来的な住まいへの意思の相関(図2)では、定住意識の有無に関わらず、「荷物置きとして利用」する意識が強い傾向がみられた。また、「定住意識無し」である人の方が、「定住意識あり」の人に比べ「先祖代々守りたい」という意識が強い傾向が得られた。

3. 3 定住理由

中心市街地への定住理由(表4)に関して、世帯主・同居家族共に、「医療・福祉関係」「治安」「人が優しい」の項目を重視する傾向が見られる。他の項目に関して比較しても、世帯主と同居家族間で大きな差は見られなかった。

4. まとめ・考察

本稿において得られた知見を以下に示す。

①住まいを他人に貸すことや活用への不安・抵抗が低いにも関わらず、将来的に荷物置きとして使用する予定の人が多。これは、住居の老朽化に伴う改修コスト増大や庭の手入れ等、ハード面(物的環境要因)の問題はもとより、相続・不動産手続き等、ソフト面(人(意識)的環境要因)の問題が大きく起因していると考えられる。

②クロス集計より、定住意識のある人と同じように、定住意識の低い人でも居住性に関する評価は比較的良好傾向がみられる。このことから、住まいの周辺環境(生活基盤施設、近隣住民との関係)は充実していると考えられる。

上記の考察を踏まえると、空間的ストック発生要因として、単身世帯の高齢者が施設に入ること、仕事の関係上やむを得ず引っ越しすることなど、回避が困難な事由があると考えられる。

5. 今後の課題

今後の展開として、空間的ストックに対する意識の高まりや発生抑制に向けて、地域コミュニティ基盤の強化が必要と考える。また、地方都市の中でも中心市街地と郊外では居住者の地域コミュニティ意識が異なると考えられるため、同様の調査を郊外でも実施し、中心市街地との比較・検討を行う。

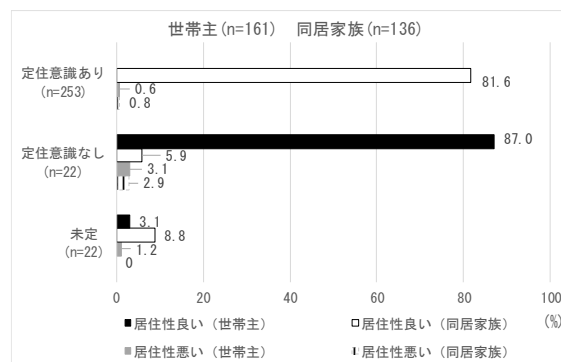


図1 居住快適性と定住意識

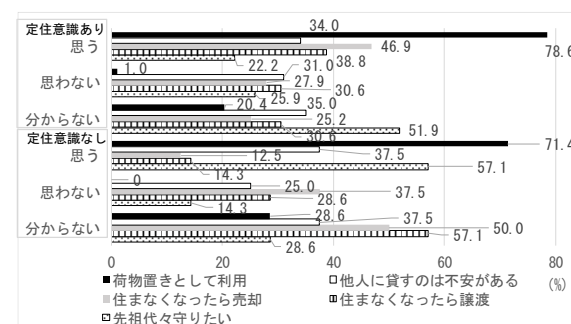


図2 定住意識と将来的な住まいへの意思(世帯主)

表4 定住理由

順位	世帯主 (n=164)			同居家族 (n=124)		
	定住理由	回答数(件)	割合(%)	定住理由	回答数(件)	割合(%)
1	医療・福祉関係	61	37.2	医療・福祉関係	46	37.1
2	人が優しい	50	30.5	治安	38	30.6
3	治安	47	28.7	人が優しい	26	21.0
4	仕事	34	20.7	自然	26	21.0
5	自然	33	20.1	仕事	25	20.2
6	店舗	33	20.1	店舗	22	17.7
7	公共交通機関	28	17.1	公共交通機関	18	14.5
8	子育て環境	20	12.2	子育て環境	17	13.7
9	その他	18	11.0	飲食	17	13.7
10	飲食	13	7.9	その他	15	12.1
11	風景	11	6.7	風景	8	6.5
12	農業	6	3.7	物価	5	4.0
13	娯楽	5	3.0	娯楽	4	3.2
14	物価	4	2.4	農業	4	3.2
総計		363	221.3	総計	271	218.5

参考文献

- [1] 平田陽子「空き家発生の未然防止に関する研究ー寝屋川市における居住者調査をもとにして」日本建築学会計画系論文報告集第2016号, pp267~268, 2016
- [2] 伊藤佑美, 井上えり子「空き家発生要因の地域特性に関する研究」日本建築学会計画系論文報告集第2007号, pp49~50, 2007
- [3] 野康一, 友枝竜一, 平山義雄, 池添昌幸, 岡俊江, 竹下輝和「空き家・空宅地の発生と居住世帯の変化: 郊外戸建住宅地における住宅・宅地の更新に関する研究 その2」日本建築学会学術講演梗概集(九州)第2007号, pp261~262, 2007
- [4] 清水陽子, 中山徹, 前根美穂「市街地に発生した空き家への対策について: 長崎市の取り組み」日本建築学会学術講演梗概集(関東)第2011号, pp1063~1064, 2011
- [5] 都城市「都城市市民意識調査(ふれあいアンケート)」

注釈

- 図1に示す中心市街地活性化区域と都城市中心市街地中核施設整備支援事業基本計画区域を「中心市街地」と定義する。
- 「住み続けたい・どちらかという住み続けたい」を「定住意識あり」、「どちらかという住み続けたくない・住み続けたくない・いずれ引越したい」を「定住意識なし」として定義し、分析を行った。
- 居住快適性評価では、「住みやすい・どちらかという住みやすい」を「居住性が良い」、「どちらかという住みにくい・住みにくい」を「居住性が悪い」として定義する。

ローマとアウグストゥス神殿におけるモールディングの復元

Restoration of molding in Rome and Temple of Augustus

建築学専攻 匹田 瑛志 (指導教員: 中村 裕文)

HIKITA Eishi, Advanced Course of Architecture, NIT (KOSEN), Miyakonojo College

Abstract

"The Temple of Rome and Augustus" is a temple that was allegedly built in B.C.19 / 18. The remaining ruin elements were severely degraded over time. For this reason, the shape and dimensions before the restoration of the temple are unknown. Based on this fact, in this study, we will try to recover the shape using 3D survey data for darts and tongues, which are the decorative belts of the Architrave, among the remaining ruin elements. The research used a method of creating and restoring a columnar body from darts and tongues contour data, and a method of creating a surface from darts and tongues contour data and restoring by converting it to solid model. A summary of the study is provided below. 1) In the restoration method, the missing part of each data was able to be performed by synthesizing the solid model created from the four darts and tongues contour data. 2) "Method of restoring by columnar body model" and "Method of restoring by converting surface to solid model". With these two methods, it can be considered that the latter has higher shape restoration performance. Was. 3) It is considered that darts and tongues and beads and reels are not necessarily arranged in the same arrangement pattern. In the future, we will place darts and tongues in the Architrave and promote restoration.

Key Words : Ancient Roman architecture, circular temple, electeion

1. 研究の目的

遺跡の研究では遺跡を構成する遺構の復元を進めるにあたり、その遺構を形づくっている部材の形状や寸法の復元は不可欠なものである。「ローマとアウグストゥス神殿」は B.C.19/18 年に建設されたとされる神殿であり、残存している部材は経年による劣化が激しく現れている。そのため、神殿の復元に用いる以前の形状や寸法が分からない状態である。このことを踏まえたうえで本研究では、残存している部材の中でも特にアーキトリーブ（柱の柱頭に乗る梁材）の装飾帯であるダーツ&タンを対象とし、3D 測量データを用いて形状復元に取り組む。

2. 研究の方法

2. 1 復元方法

研究は、ダーツ&タンの測量データからソリッドモデルを作成し合成を行うことでそれぞれのダーツ&タンの欠損部を補うことができるのではないかと考えた。このことから、ダーツ&タンの等高線データから柱状体を作成し復元する方法と、同じくダーツ&タンの等高線データからサーフェスを作成し、ソリッドモデルに変換することで復元する方法を使用し研究を行った。

2. 2 柱状体による復元

柱状体モデルはダーツ&タンを正面から等間隔で切断して得られた等高線データを基に作成されているが、これはそれぞれの高さの断面データに高さを与えた柱状体で構成されている。そのため、凹凸のある階段のような形状となっている。

この方法では複数の部位の柱状体モデルの重ね合わせを行うことで欠損部の補填を行う。柱状体モデル作成に使用する等高線データは目視で形状の劣化が少ないと判断した 4 つのダーツ&タンから取り出しを行った。さらに、一般的にダーツ&タンは左右対称の彫刻であると考えられるため、最終的には作成したそれぞれの柱状体モデルを合成し左右対称化を行う。ここでいう左右対称化は、合成した柱状体モデルを鏡像反転したものをさらに合成することで、合計 8 個のモデルを合成した事と同じ効果を得ることができると考えた。

2. 3 サーフェスデータによる復元

CAD の機能でサーフェスデータを押出し出すことによりソリッドモデルを作成し合成を行うことでそれぞれのダーツ&タンの欠損部を補う。

そのため、まず初めに等高線データからサーフェス

データ作成を行う。等高線データからサーフェスを作成することで細かい凹凸の平均化やポリゴンの数を減らすことができる。しかし、合成を行う際に「タン」の中心に合わせてダーツ&タンの重ね合わせを行うと大きさの違いからズレが生じてしまう。そこで、ダーツ&タンは相似の関係にあると仮定して「タン」の中心線から左右の「ダーツ」の中心線までの寸法を求め、平均化を行い、それぞれの倍率を求め拡大縮小で修正を行う。

3. 考察

3. 1 合成したソリッドモデルと左右対称化及び修正したソリッドモデルの比較

ダーツ&タンの等高線データは4つであり、左右対称化を行うことで実質的にはデータ量が2倍になり、より細密なモデルを作成することができると考える。合成したソリッドモデルと左右対称化及び修正したソリッドモデルを比較することでより細密なモデルが作成できたのか検討を行った。



図1 合成したソリッドモデル

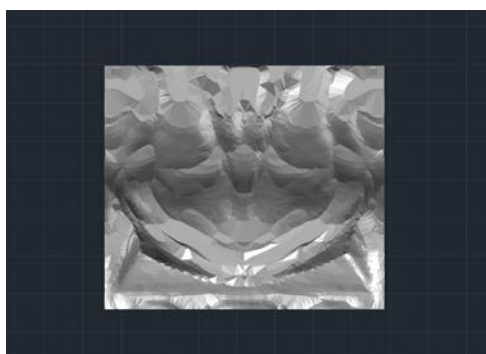


図2 左右対称化及び修正したソリッドモデル

図1と図2を目視で比較した際、図2の方が形状の凹凸が少なく、より滑らかな形状になったと考える。

3. 2 柱状体モデルとソリッドモデルの比較

「柱状体を作成し復元する方法」と、「サーフェスを作成し、ソリッドモデルに変換することで復元する方法」、この二つの方法で作成したモデルの比較をおこなった。

比較のため、図3のように二つの方法で作成された柱状体モデルとソリッドモデルの目視による比較と2つのモデルの重ね合わせを行った。

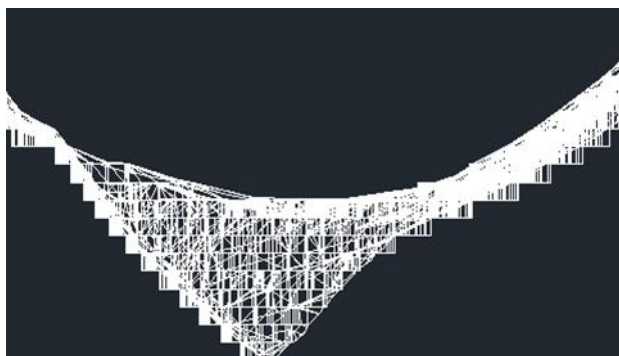


図3 2つのモデルの重ね合わせ

両者の重ね合わせの図から、ソリッドモデルでは柱状体モデルでは補うことのできなかった欠損部を復元できていると考えられる。

4. まとめ

- 1) 復元方法ではダーツ&タンの4つの等高線データから作成されたソリッドモデルを合成することでそれぞれのモデルの欠損部を行うことができた。左右対称化も行うことによって、実質8つ分のモデルの合成を行うことができ、より細密なモデルの復元ができたと考えられる。
- 2) 2.2と2.3の二つの方法では後者の方が形状の復元性能が高いと考察できた。
- 3) ダーツ&タンとビード&リールは同じパターンで配置されていると考えていたが、タンの中心線を基準に合成したソリッドモデルではビード&リールは形状の再生がなされていなかった。このことから両者は必ずしも同じ配列パターンで配置されているわけではないと考えられる。

参考文献

- (1) 藤岡達夫・渡辺保忠・桐敷慎次郎・平井聖・河東義之・斎藤哲也,エレクトイオン アーキトレーブ (2010)『建築史 増量改訂版』,市ヶ谷出版社
- (2) J.M PATON,THE ERECHTHEUM, Cambridge (USA) 1927, plate 16
- (3) 林田義伸, アテネのアクロポリスにあるローマとアウグストゥス神殿に関する研究 その1: 2011年の実測調査の概要(歴史・意匠),日本建築学会
- (4) 中村裕文, 3D形状データを用いたローマとアウグストゥス神殿の柱頭の復元に関する研究,2018, 日本建築学会