



ことは、日本語に限ったことではない。日本語を始めとする類別詞言語全般で同様のパターンを示すことが報告されている (Jenks 2018: 501)。

上記の類型論的パターンを基に、日本人英語話者の定冠詞習得過程に関する調査の有用性を検討した。つまり、「緊密さ」を占めず定性解釈の場合、日本語では指示詞の出現が強制（優勢）となり、一方の「唯一性」の弱照応のケースでは、基本、指示詞が存在しない。指示詞という明示的な手掛かりの有無は、英語定冠詞の習得にどのような影響を及ぼすのであろうか。ここで想定されるのが「負の転移 (Negative Transfer)」である。日本語の言語環境において、指示詞という明示的な要素が出現するパターンを英語の定冠詞の出現パターンとしてそのまま使う学習者の存在が一定数いるのではないだろうか。その一方で「唯一性」の言語環境下において定冠詞の選択に揺れを示した場合、まさに日本語から「負の転移」が生じたケースと見なすことができよう。

上記の点を想定して、日本人英語学習者を対象に定冠詞習得に関する実験調査を実施した。結果としては、指示詞が出現する強照応のケースで高い正答率を示した。ただ、弱照応の言語環境下においても、ある一定のパターンにおいては高い正答率が得られた。実験調査に使用したテスト問題であるが、弱照応のケースにおいても指示詞の出現が可能なケースもあり、また、指示詞がなくとも、対象名詞の同定化が容易なケースがあったことも指摘せざるを得ない。同時に、中級以下の学習者 (TOEIC スコア500点未満の学習者) は、定冠詞表現以外の表現を使用する傾向があった。実験手続きにも問題があったと思うが、「負の転移」があるという結論に達することはできなかった。指示詞という明示的な手掛かりの存在というよりも、談話領域における対象物の同定化が容易であるか否かも要因の一つであろうし、唯一性の前提となる最小談話領域の設定の容易さも正答率の高さに影響を及ぼしたことが考えられた。以上は調査結果の一部であるが、詳細は、Mohri et al. (2020) において報告している (下記の研究業績を参照いただきたい)。

他にもラリー・キンバー氏は、高等教育におけるブロックチェーンの効用や普及の可能性についても研究成果を報告している。テクノロジーが進化する

速度や新しいテクノロジーが登場するペースが加速度的に早まり、同時にグローバル化にともなう国境を超えた学習機会の提供も容易になりつつある。今後も豊富なコンテンツの提供は勿論、一方で、それに対する学習者の学習記録の永続性も求められる。その意味では、分散型でデータの永続性が高いブロックチェーンが注目されている。ブロックチェーンと英語教育を結びつけたラリー・キンバー氏の最新の知見に関する研究は、Kimber, L., & Cripps, A. C. (2018)、Cripps, A., & Kimber, L. (2020) で報告されている。

樋渡真理子氏は、英語圏の文化理解と言語という観点から、1950年代のアメリカ南部の文化・文学研究に従事した。詳細は樋渡他 (2019)、樋渡 (2020) を参照頂きたい。言葉と文化の関係から研究チームに貢献してきた。外国語を学ぶモチベーションの一つが、その言葉が話される国や文化、さらには歴史を知りたいというモチベーションという内的要因であり、継続的な外国語学習には欠かせない要因である。樋渡氏は、外国語の学習と内的要因 (さらには外的要因) の関連性に関して示唆的発言や問題提起を発信してくれた。

## [2] 研究会及び講演会

研究チームの研究メンバーを中心に研究会、談話会で有意義な意見交換がなされたのは勿論、研究チーム主催の講演会も以下のように開催した。

領域別研究チーム (「言語理論と応用言語学の接点」  
課題番号: 183006) 主催 講演会

日時・場所: 2019年10月18日(金)826教室

演題: 「言語学習成功の原理」

講師: Steve Kaufmann 氏 (元カナダ大使)

20以上の言語を使いこなすことができる Kaufmann 氏ご自身の言語学習モデルについて解説して頂いた。多言語習得に成功した Kaufmann 氏の言語学習モデルは、外国語学習習得モデル構築に大きなヒントを提供してくれた。英語学習でも、単に英文法のルールを覚え、語彙の (表面的な) 意味を理解しても運用レベルでの語学習得は程遠い。Kaufmann の多言語習得モデルでは、まずは多読、多聴の必要性が

強調された。言葉の背景にある文化やコミュニティを理解するためには、まずその言葉を学習し、その国や人々をより身近に感じる姿勢、もしくは感じたいというモチベーションを持ち続ける内的要因も必要である、といったことが述べられた。本講演会は研究チームのメンバーのみならず、学内、学外からおおよそ50名以上の参加があった。本学の英語教育に携わる者にとっては英語の指導法の観点から参考になる会になった。また、本学の学生、一般の参加者にとっても単独で英語学習を実践していく上で数々のヒントを得たようであった。研究者、学生、一般参加者を交えて語学学習の方法論や語学学習に対するモチベーション向上に関して意見交換をする場を提供できたことは本研究チームにとって大きな収穫であった。

本研究チームは、理論言語学、第二言語習得研究、バイリンガル教育、文化・文学研究といった多角的な視点から、外国語教育の発展に寄与できるよう研究に従事してきた。加速度的なテクノロジーの進化に伴い、学習のインプット、アウトプット環境も大きく変化していく。文法ルールを理解、語彙の理解に留まるような外国語学習では、十分な運用レベルでの語学スキルを身につけることはできない。そもそも、第一言語と第二言語習得の根本的な違いの一つに言語知識の質の違いを上げることができる。母語のほとんどが無意識の暗示的な知識であるのに対し、外国語の習得は、意識的に学習された明示的知識が土台となる。この明示的意識が無意識知識に変わることがあるのか否かに関しては様々な議論がなされているが、明示的意識を徐々に「自動化」させてスムーズな運用レベルに変えていくことは可能であろう。今後も研究チームとして研究成果を発信していきたい。

## 研究業績

### 論文

Mohri, F. et al.: Reanalysis of Definiteness Acquisition.

福岡大学人文論叢52(1):1-22, 2020

樋渡真理子ほか：「フォークナー再売り出し『ポータブル・フォークナー』成功の意味」、『アメリカン・モダニズムと大衆文学—時代の欲望/表象

をとらえた作家たち—』（藤野功一編）、173-203頁、金星堂、2019年

樋渡真理子「トニ・モリソンの『ホーム』における1950年代南部」、『フォークナー』第22号、松柏社、111-127頁、2020年

Kimber, L., & Cripps, A. C. An introduction to Blockchain. *Fukuoka University Review of Literature & Humanities*, 50(2), pp. 425-438, 2018.

Cripps, A., & Kimber, L. Can blockchain technology help improve higher education? *Proceedings of the 15th Annual Education and Development Conference*, 1, 64-76, 2020.



## 多様体上の確率解析の研究

研究チーム名：確率解析的幾何学研究（課題番号：185001）

研究期間：平成30年4月1日～令和3年3月31日

研究代表者：桑江一洋 研究員：天羽隆史（令和元年3月31日まで）、江崎翔太（平成31年4月1日から）、  
中岡史絵（令和2年3月31日まで）

### 研究成果

桑江は熊本大学先端科学研究部教授・金大弘氏と共同で、一般化された Schrodinger 形式の劣臨界性、臨界性、超臨界性のスペクトルによる特徴づけに成功した。これは Osaka Journal of Mathematics に掲載予定である。また中国科学院教授 Xaingdong Li 氏と共同で重み付きリーマン多様体上においてパラメータ  $m$  が 1 以下の場合の  $m$ -Bakry-Emery リッチテンソルの下限条件のもとで重み付きラプラシアンに対する新しいタイプのラプラシアンの比較定理を導出した。その結果、Myers 型の直径定理や Bishop-Gromov 型の体積比較定理、Ambrose 型の定理、Cheeger-Gromoll 型の分裂定理といった通常のリッチテンソルと通常のリッチテンソルに関する諸定理を一般化することができた。またそれだけでなく、対応する拡散過程の保存性やフェラー性に対する十分条件を与えることができた。その成果はロンドン数学会の Bulletin に掲載予定である。一方で桑江はこの結果を福岡大学の修士課程に在籍した宿利俊熙氏と共同で非対称ラプラシアンに対してもラプラシアンの比較定理が成り立つことを示し、上記と同様な諸定理の拡張を与え、さらに S.Y.Cheng 型の最大直径に関する剛性定理の証明にも成功した。この結果は東北数学雑誌に掲載予定である。

天羽は琉佳勳氏（立命館大学）とともに超関数に対する伊藤の公式の定式化・導出を行い、その応用として、拡散過程の関数を時間に関して積分する操作が Malliavin 解析の意味での正則化をもたらすことを示した。田口大氏（岡山大学）と結城郷氏（立命館大学）との共同研究では反射壁を持つ拡散過程と吸収壁を持つ拡散過程の間の Siegmund 双対性を確

率流のレベルで実現し、それをこれらの拡散過程の離散近似へと応用した。Nien-Lin Liu 氏（東京理科大学）、Azmi Makhlouf 氏（University of Tunis El Manar）および Takwa Saidaoui 氏（University of Tunis El Manar）との共同研究においては、純飛躍型の Lévy 過程に対する離散時間 Clark-Ocone 公式を導出し、応用の面からその精度を評価した。

江崎は桑江一洋氏と共同で  $R^d$  の配置空間上の無限粒子系に対する曲率次元条件に関する研究を行った。既に配置空間上の無限粒子系の構成は長田博文氏を中心とするグループによって、ディリクレ形式を用いた理論で与えられていた。本研究ではそのディリクレ形式に対応する内在的距離を与えることを試みた。まず、有界領域上の配置で同数の粒子からなる場合、漠位相を定める距離と同値な距離で  $\mathbb{P}^2$  や  $\mathbb{P}^1$  に対応するものを与えた。次に、有界領域上の配置で粒子数が異なる場合、ディリクレ形式から定まる内在的距離について、自然に考えられる関数空間の核の元がみたす境界条件によって異なる距離を与えることを確認し、それぞれの距離の具体的表示を得た。

中岡は2019年9月に行われた「第24回位相空間論とその応用研究会」に参加し‘Homeomorphisms between sets with operations’を発表した。「作用子をもつ集合」として位相空間の概念を一般化しその性質の研究してきた。この位相空間に対しても内部や閉包、連続写像の定義が得られていて、この一般化された位相空間の理論を従来の位相空間の理論との対比をして研究した。

## 研究業績

- D. Kim and K. Kuwae, *Generalized Schroedinger forms with applications to maximum principles*, Osaka Journal of Mathematics, 58(3), (2021) (Published online: 3 August 2020)
- K. Kuwae and X.-D. Li, *New Laplacian comparison theorem and its applications to diffusion processes*, preprint 2021, to appear in Bulletin of London Math. Soc.
- K. Kuwae and T. Shukuri, *Laplacian comparison theorem on Riemannian manifolds with modified  $m$ -Bakry Emery Ricci lower bounds for  $m \leq 1$* , preprint 2021, to appear in Tohoku Mathematical Journal
- T. Amaba, N.-L. Liu, A. Makhoulf and T. Saidaoui,  *$L^2$ -convergence rate for the discretization error of functions of Lévy process*, Stochastics, DOI: 10.1080/17442508.2019.1642338, (Published online: 17 Jul 2019)
- T. Amaba, D. Taguchi and G. Yüki, *Convergence Implications via Dual Flow Method*, Markov Processes Relat. Fields, 25(3), 533-568 (2019).
- T. Amaba and Y. Ryu, *Distributional Itô's Formula and Regularization of Generalized Wiener Functionals*, ALEA, Lat. Am. J. Probab. Math. Stat. 15, 703-753 (2018, June).





嗜好性、感覚強度の3項目に対する4段階評価を設定した。

研究室に所属する協力者からのべ197組のデータを得て、7項目の相関係数を求めたところ、嗜好性と快適性の間の相関係数が最も高く  $R=0.77$  であった。また、最も低かったのは快適性と気温の  $R=0.03$  であった。これより、好きと感じた香りでは快適と感じること、あるいは逆に快適と感じた香りが好きであること、そして、香りの感じ方は外的要因を受けにくいことがわかった。アロマオイルの種類別に見ると、ラベンダーとラバンディンの香りは嗜好の影響を受けやすいが、ブラックペッパーとパルマローザは嗜好の影響が見られにくいなどの基本的傾向が見られた。ただし、嗜好性と快適性の間には高い相関関係があるものの、両者の因果関係はデータ数不足によりこの時点では明らかにはできなかった。コロナ禍の終焉後に、ベイズ統計を用いて再チャレンジする予定である。

## 2-2 アロマオイルの混合による嗜好性の変化とピエスの香階の検証

約150年前フランスの調香師兼化学者であるピエスは、天然の精油のマッチングと香りの持続性に基いて多数の香りを音階に見立て、「ピエスの香階」を発表した<sup>[5]</sup>。そこで、協和音の組み合わせと不協和音の組み合わせにおける嗜好度からマッチングの良し悪しを調べ、現代人への適用性を評価することとした。

研究室内の協力者による予備調査として、単体のアロマオイルとブレンドしたものの嗜好度を比較したところ、2種ブレンドによって嗜好度は変動するものの、音楽でいう協和音と不協和音の組み合わせには明確な違いは見られなかった。一方、3和音を想定した3種ブレンドでは、統計的有意差はないものの、協和音の組み合わせで嗜好度が上昇する傾向がみられた。

今回検証に用いたピエスの香階に基づく調香は、嗜好度を考慮しても明確に証明することはできなかった。この原因として、約150年前に提案されたピエスの香階は、当時では成立していたかもしれないが、現代人では香りの嗜好が異なるかもしれないこと、また、海外と日本とで香りの嗜好が異なる可

能性が考えられる。

## 2-3 繊維への吸着による香りの変化

複数の揮発成分の混合液であるアロマオイルは、居住空間や着衣時に使用される。そのため、構成成分の一部が家具や衣類に吸着することで全体のバランスが変化し、香気に変化する可能性がある。ここでは、綿、絹、ウールなどの天然繊維、ポリエステル、ナイロン、アクリルなどの合成繊維、半合成繊維であるレーヨンへのアロマオイルの収着量と香りの変化を調査した。香りの変化は3点識別法により判定した。

テルペン系炭化水素を主成分とし揮発性が高いベルガモットと、テルペン系アルコールを主成分とし揮発性が中程度のゼラニウムを比較したところ、繊維に対する収着量には大きな違いは見られなかった。しかし、ベルガモットはポリエステルとアクリルに収着させることで香りを変化し、ゼラニウムはどの繊維でも香りを変化した。これは、疎水性の炭化水素成分は繊維への吸着が生じにくいいため香り全体のバランスは崩れにくい、水素結合が生じうるアルコール成分は繊維に吸着しやすいため全体のバランスが崩れたことが原因と考えられる。今後は吸着成分の分析を進めるとともに、揮発性の異なるアロマオイルの混合による香りの変化の検討を進める予定である。

## 2-4 かわいい香りの認知構造

かわいいという日本特有の感性価値は、日本語の「かわいい」のみならず「kawaii」としても国外で使われている。そして、視覚におけるかわいい要因は明らかになりつつあり、「丸い」「親しみやすい」「小さい」「やわらかい」などが挙げられている<sup>[6-8]</sup>。また、聴覚では比較的小さく高めの音がかわいいとされる<sup>[9]</sup>。当研究室ではこれまでアロマオイルの香りに対するかわいい評価とその要因を検討してきた<sup>[2]</sup>。その結果、柑橘系果実がかわいく、樹木の香りがかわいくないと被験者に評価された。また「女性的な」「甘い」がかわいいと感じる要因であると抽出された。ここでは、濃度の異なる香りに対して、かわいいと感じるものは何の香りか、またどのように感じた香りが「かわいい香り」であるか、そして

その要因について明らかにした。さらに、男女差や個人差による評価の違いも解析した。

まず、多くの香りが低濃度の方がかわいいと高く評価され、特に花の香りが低濃度でかわいい評価値が高かった。しかし、果実の香りは、高濃度である方がかわいい評価値が高かった。次に、かわいいと好きの評価値は高い相関があるが、別の要因から引き起こされていた。さらに、好きよりもかわいいの方が関与している要因数が多いため、かわいいは複雑な感性から引き起こされていると示唆された。なお、香りに対するかわいい評価には男女差はみられなかった。また、かわいい評価の類似度に基づいて被験者をグループ化したところ、視覚的要因の評価用語が香りのかawaii評価に対し影響を持つグループや、個性的な感性価値を持つ者がいることが明らかとなった。

かわいい香りの認知構造については、日本感性工学会論文誌で原著論文として刊行した。

## 研究業績

土山真未、正本博士、コウハクルワサナ、重松幹二：“かわいい香り”の認知構造の検討：日本感性工学会論文誌, 18(4), 315-320 (2019)

## 参考文献

- [1] 土山真未、正本博士、コウハクルワサナ、重松幹二、喜多幸司、山下怜子：精油の香りのカテゴリー化に対する官能評価とにおい識別センサーとの比較：第29回におい・かおり環境学会（東京），p.49-50（2016）。
- [2] Tsuchiyama, M., Kowhakul, W., Masamoto, H., Shigematsu, M.: Recognition of kawaii fragrance by sensory evaluation: Natural Volatiles & Essential Oils, Proceedings of 48th International Symposium of Essential Oils, ISEO2017 (Pécs, Hungary), 4(3), p.133 (2017)
- [3] 土山真未、コウハクルワサナ、正本博士、重松幹二、喜多幸司、山下怜子：クラスター分析による人による香りの官能評価と機器分析による香気成分の相異：日本コンピュータ化学会2017秋季年会（熊本），p.140（2017）
- [4] 岩永和代：クリティカルな患者の病床環境に

おけるにおいの実態と対策に関する研究：挑戦的萌芽研究（課題番号23660031）研究成果報告書（2014）

- [5] G. W. Septimus Piesse, The Art of Perfumery 3rd Ed., Longman, London, p.28-29 (1862)
- [6] 入戸野宏：行動科学的アプローチによるかわいい人工物の研究：感性工学, 10(2), 91-95 (2011)
- [7] 井原なみは、入戸野宏：対象の異なる“かわいい”感情に共通する心理的要因：人間研究, 7, 37-42 (2012)
- [8] 宇治川正人：「かわいい」の原因系と結果系の分類：日本感性工学会論文誌, 15(1), 39-46 (2016)
- [9] 大倉典子、菅野涼：かわいい人工物の系統的研究 第17報—「かわいい音」に対する基礎的検討—：電子情報通信学会技術研究報告, 144(52), 389-392 (2014)







いてプラスチックから剥がし、コニカルチューブに回収し PBS を用いて洗浄を行った。洗浄した細胞を 0.04 mg/mL のフィブロネクチンに 1mL に懸濁し、静置することでコーティングを行った。PBS で洗浄後、同様に 0.04mg/mL のゼラチン 1mL に細胞を懸濁し、コーティングを行った。この操作を 9 回繰り返して細胞表面の細胞外基質のコーティングを行った。コーティングを行った細胞について、それぞれ細胞カウントを行い、NHDF  $1 \times 10^6$  + HUVEC  $1 \times 10^5$ /300 $\mu$ L DMEM になるように調整を行った。セルカルチャーインサート内に細胞を播種し、well 内に 1mL の DMEM 培地を静かに注入して培養を行った。

### 虚血肢作成

重症虚血肢マウスモデルのコントロール作成を行った。全身麻酔下に Nude マウス (12週齢雄性) の左大腿に皮膚の縦切開をおき、大腿部の筋肉とその表面を走行する大腿動脈を露出し同定した。大腿動脈の深部枝を温存して結紮切離し、虚血肢モデルを作成した。血流測定は Laser Doppler Perfusion Imager (Moor Instrument Ltd, Devon, UK) を用いて、健側肢との比較により相対的定量評価を行った。scanning image は 256 x 128 pixels にて 4ms/pixel のスピードで撮影を行った。

### 人工血管網の移植

全身麻酔下に虚血肢を作成した後、速やかに血管の抜去した部位に沿って人工血管網を静置し移植を行った。皮膚を 4-0 ナイロン糸で閉創し移植を終了とした。移植後は、28日目に全身麻酔下に下肢を摘出し、10%ホルマリンに浸漬し固定した。

### 染色

10%ホルマリンにて固定したあと、パラフィン固定を行い、染色を行う日に合わせて脱パラフィンの作業を行った。脱パラフィンはキシレン10分にて行い、その後エタノールにて5分間処置し、蒸留水にて洗浄した。マイクロウェーブ法を用いた抗原の賦活化を行い、3%過酸化水素水にてクエンチングを室温にて5分間行った。洗浄後、5%スキムミルクでブロッキングを30分間行い、免疫染色を開始した。一次抗体はヒト CD31 抗体、マウス CD31 抗体を用

いて 1:100 に希釈し 4°C の overnight incubation にて行った。HRP 標識二次抗体を 1:200 に希釈し 37°C、1 時間 incubation した。洗浄後、DAB 基質液にて染色具合を見ながら室温、2-3 分間で発色を行った。へマトキシン染色液でカウンター染色を行ったうえで、アルコール脱水しキシレン透徹を行い封入し顕微鏡にて観察した。顕微鏡観察は KYENCE にて行った。

### 結果

細胞外基質をコーティングした細胞の積層法を用いた三次元培養により血管網を作成した。培養期間 2 日間では組織が脆弱で脈管としての管腔構造の認識が困難であったが、5 日間の培養では管腔構造が認識できるサイズとなった。CD31 による免疫学的染色によっても血管内皮細胞の配列が見られえようになり人工血管網を作成することができた (Figure 1A)。また、spheroid 型人工血管網の作成についても着手した。Tear drop 法による 3 次元培養により細胞外基質コーティング細胞を使用して人工血管網の作成を行った。本実験では、4 日間の培養で CD31 陽性の血管内皮細胞の索状配列を認めるものの、管腔構造としての認識ができず、明らかな血管としての構築が困難であった (Figure 1B)。

一方、重症虚血肢マウスモデルのコントロール作成を行った。0 日目に両側下肢において認められたドプラーによる血流は、大腿動脈の結紮切離により著明に低下していることを確認した (Figure 2, Figure 3)。作成後 1 日目においては血流シグナルの同定は困難で、3 日目には拘縮がみられるようになった。7 日目において血流シグナルとしての視認はできないが、血流はわずかに改善した。28日目までの観察において、血流の自然回復は健側下肢に比較して、0.4程度にまでは回復したもののドプラーでの血流としての視認には至らない程度であった。ここに、大腿筋の直上に積層法により作成したシート型人工血管網を移植し、28日目の標本の摘出を行った。摘出標本より組織学的評価を行い、生着に関して検索を行った。HE 標本においては、シート型人工血管網全体の生着が確認された (Figure 4A)。さらに CD31 にて染色を行うと、ヒト CD31 陽性の血管内皮細胞は確認できなかった (Figure 4B)。しかしながら、マウス

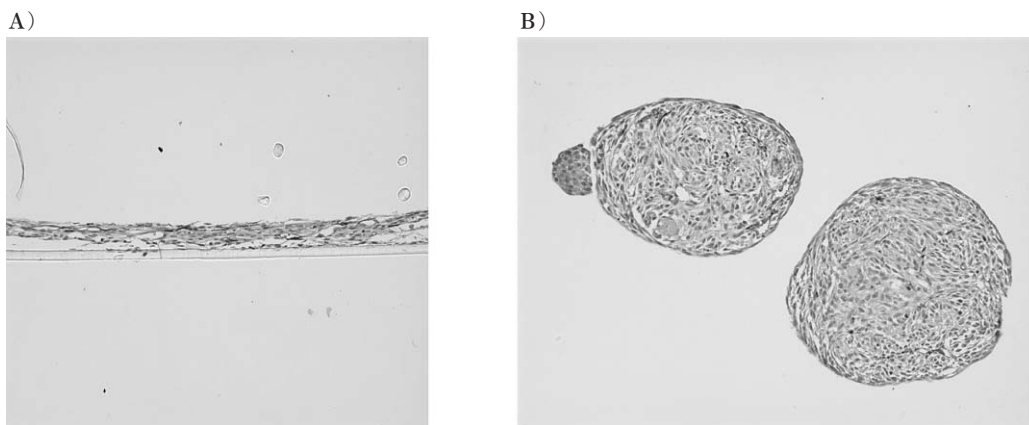


Figure 1

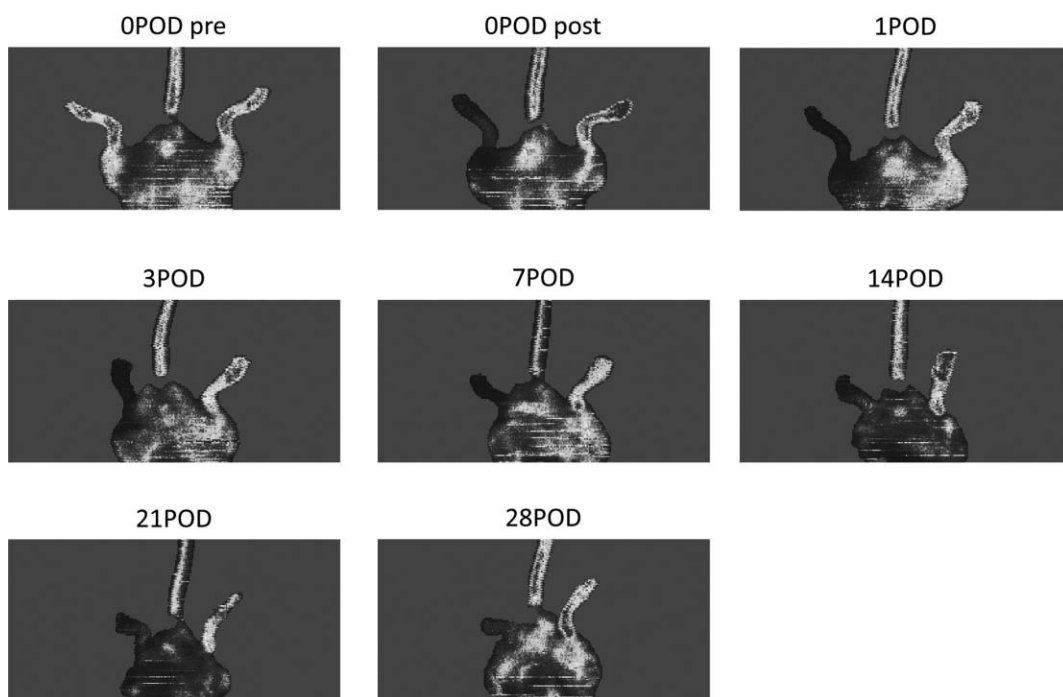


Figure 2

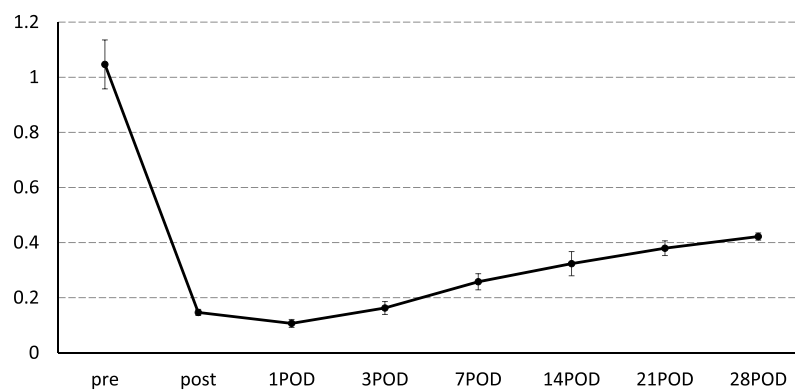


Figure 3 下肢血流評価（健側下肢との比較）

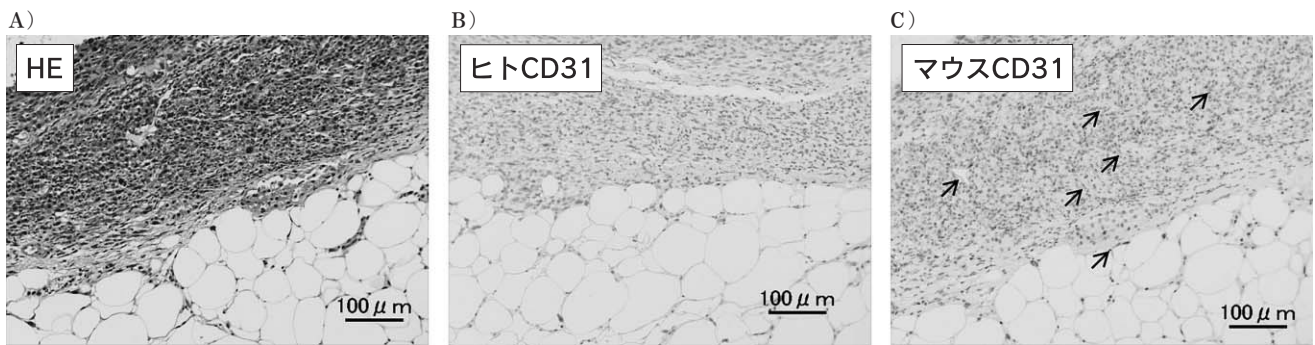


Figure 4

CD31にて染色を行うと人工血管網として移植した部位に一致してマウスCD31陽性の血管内皮細胞が同定され (Figure 4C)、移植したHUVECによるヒト細胞に由来した人工血管は何らかの過程を経てマウス血管内皮細胞に置換されたと考えられた。

#### 考察

本研究では、細胞外基質をコーティングすることにより血管内皮細胞と線維芽細胞を用いて積層法を用いたシート型人工血管網を作成した。作成した人工血管網は全身麻酔下に摘出血管の存在した部位に静置し、皮膚を縫合閉鎖し移植した。実際の重症虚血肢で、皮膚切開を行うことは侵襲的で創の壊死や感染を引き起こすことになる恐れがあるため、注射可能な spheroid type の人工血管網の作成について開発を試みたが、現時点ではシート型の人工血管網のような脈管構造の構築は実現できなかった。これは、Spheroid 化により中心部と表面における培地の栄養や酸素濃度についての格差が生じるため血管網が作成できなかった可能性が考えられ、今後の検討が必要であると考えられた。

重症虚血肢モデルの作成においては健側下肢との比較において明瞭に血流の低下が示されており、十分にコントロールとなりうる事が証明された。ただし、作成後3日目には下肢の拘縮が見られており、早期の移植組織の定着と血流の改善効果が重要な鍵となることが示唆された。本研究モデルでは、人工血管網を作成して移植するという事で、タンパク製剤の投与と比較してより直接的に作用する可能性があり、血流再開が早い可能性が高く、そのうえでもコントロールとして適した状態であると考えた。

シート型血管網の移植では、本実験ではマウスへ

の移植のため抗ヒトCD31抗体による染色により血管網を証明する予定であったが、脈管様の構造物は認識できるもののCD31陰性であった。しかしながら、驚くべきことに抗マウスCD31抗体による免疫染色で脈管構造として染色され、ヒト組織により作成された血管網が細胞レベルにおいては宿主であるマウス細胞に置換されていたことが示唆された。本研究では、人工血管網のドプラー評価にまでは至らなかったが、シート型人工血管網が再現性をもって作成でき、かつ、これを移植した際にマウス血管内皮細胞に置換されながら生着することが示唆され、有望な治療方法である可能性があると考えられた。





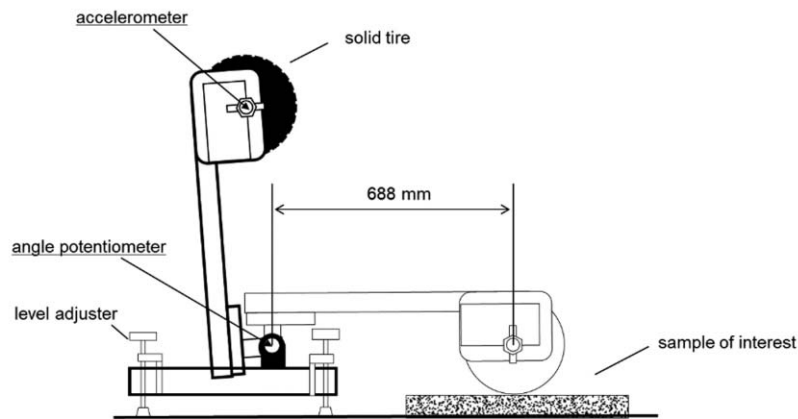


Figure 1. A simplified schema of experimental set up of the test.

A sand base Kentucky bluegrass natural turf having daily, professional maintenance (including soil compacting, aeration, vertical cutting, and moisture control < 25%), used for the top professional league matches and chosen as the best pitch in the league of the year. Two types of natural turfs grown in a specially made test field ( $2 \times 5$  m square for each): a sand base natural turf transplanted with sod and a sand base natural turf transplanted with sod and reinforced by a polyethylene pile woven into soil amid natural turf, which is generally recognized as hybrid type of natural turf (hybrid turf). Another hybrid turf professionally maintained in the sub field of a stadium. Four types of 3-g artificial turf were housed in trays ( $90 \times 90$  cm), having the same pile texture (62 mm length polyethylene) and with the following infills: sand infill of 35 mm thickness, sand/rubber four layered infill of 35 mm thickness, rubber infill of 35 mm thickness, and shallow thermoplastic elastomer infill with shock pad of 35 mm thickness. For the A-new type, 35 mm of pile length was placed above the shock pad. An 8-year-old artificial turf field initially designed to have the same pile texture and infill component of A-sand/rubber. This artificial turf field has been regularly used in university physical education classes and multiple amateur sports club activities for 8 years.

### Result & Discussion)

All artificial turfs tested in the present study failed to mimic two properties of professionally maintained natural turf (N-stadium): plastic deformation and hysteresis

profile (Figure 2). This finding suggests the N-stadium has more energy absorbable properties than those of artificial turfs. Also, distinctive differences were detected between the N-stadium and other natural turfs, suggesting daily maintenance work is very influential on their quasi stress-strain properties. It is interesting to note that there were no significant differences between natural and hybrid turfs without regular maintenance, however, the hybrid turf which has regular maintenance had a significantly smaller peak deformation and a larger gradient of loading than those of the hybrid turfs without regular maintenance. This finding suggested that hybrid turfs come to be harder and less deformable due to regular maintenance work. The study of Thanheise (2018) reported that a stitched turf reinforce system makes natural turf harder. The finding of the present study was in line with this previous finding. Further studies should be warranted to determine what kind of regular maintenance work affects the property of hybrid turf.

It has been suggested that 3-g turfs are becoming stiffer over the years, likely due to cumulative effects of usage. However, there has been no quantitative data regarding the effect of aging of 3-g turfs. The aged (8 years old) artificial turf tested in the present study was found to be substantially stiffer than the newer artificial turf with the same infill components. The present study was the first demonstrated the effect of aging of conventional artificial turf on the stress-strain property indicating usage over years substantially affects the stiffness.

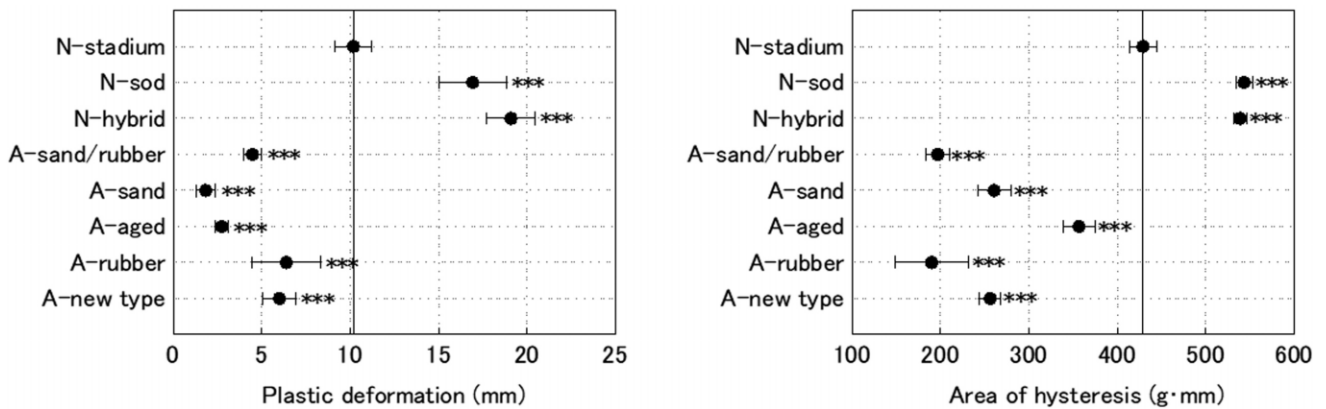


Figure 2. Graphical comparisons of discrete variables remaining plastic deformation (left panel) and the area of hysteresis (right panel). Turfs with “A” initial are 3-g turfs. Significant differences compared with N-stadium are shown as \* ( $p < 0.05$ ), \*\* ( $p < 0.01$ ) and \*\*\* ( $p < 0.001$ ).

### Study 2: Traction Performance on Artificial Turfs with Different Construction Design.

There are several studies regarding shock absorbency of artificial turfs. In contrast to this aspect of artificial turfs, the traction property of artificial turfs has not been well documented in the literature, to date. Even though that property of artificial turfs has been considered as an essential factor regarding its playability and safety. The present study aimed to clarify the effect of construction bases (permeable sand and asphalt pavement) and infill components (rubbers and corks) on the traction property of artificial turfs through measuring accelerations used for the change of direction.

#### Method)

Fifteen ( $n=15$ ) university level soccer players volunteered to participate in the present study. They were asked to conduct a shuttle run test (repeated 180

degree cutting with 3 m interval, 5 turns for each trail) on four testing slots in a randomized order. The four testing slots were constructed with different construction bases and infill components (Figure 3). A permeable sand pavement base was used for the #1, #2 and #3 slots. An asphalt base was solely used for the #4 slot. Natural cork infill was used for the slot #1 and 3 and conventional rubber infill was used for the slot #2 and 4.

Wireless accelerometer (range =  $\pm 250G$ ; sampling rate = 1,000 Hz) was secured at the heel counter of soccer spikes. All the participants wear the spike shoes with different sizing. Resultant magnitude of peak acceleration during side-cutting were measured as variables representing “traction”. Perceived traction was also obtained from the participants using 5-points Likert Scale: 1- bad traction to 5- very good traction. Resultant running time was measured using a pair of timing gate and evaluated as an index of performance.



Figure 3. Photo of four artificial testing slots for human traction test.

## Result & Discussion)

Overall, the participants achieved significantly higher traction on the slot #2 and performed best on the slot #2 (permeable sand pavement with rubber infills) compared to the other three slots (Figure 4). The slot #4 (asphalt pavement with cork infills) was found as the worst one for the traction (acceleration) and performance (resultant running time). Accordingly, the perceived tractions from the participants were nicely matched with the traction and resultant performance. The participants had a higher perceived traction to the slot #2 when compared to other three turf slots. Again, the slot #4 possessed the lowest perceived traction among the four testing slots. It can be assumed that a permeable sand pavement base and rubber infills may provide more feasible circumstances for soccer players when they need to suddenly change the direction on the field.

## Papers Published

1. Nunome, H., Inoue, K., Ball, K., Sano, S. and Ikegami Y. Comparison of high-impact load absorbing property of natural turf for professional use with various types of natural and artificial turfs in football. *J Sports Engineering and Technology*, 2019, Vol. 233(4) 526-535.
2. Nunome, H., Inoue, K., Ball, K., Sano, S. and Ikegami Y. High Load Stress-Strain Property of Natural Turf for Professional Use, Various Types of Natural, Hybrid and Artificial Turfs in Football. *Proceedings 2020*, 49(1), 142; <https://doi.org/10.3390/proceedings2020049142>.

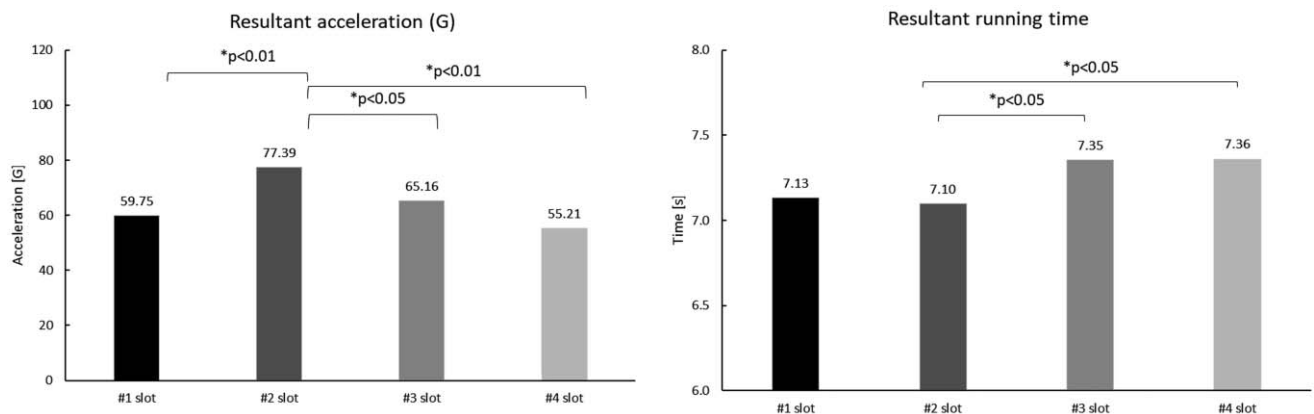


Figure 4. Comparisons of resultant acceleration occurred on the right foot during turning (left panel) and resultant running time (right panel).

