

メタバースにおける 新しいリハビリテーション

大阪大学大学院基礎工学研究科
助教 松居 和寛

2024年1月30日

経歴

リハビリテーション現場への理解が深く、
神経科学に精通、
医療機器の開発・品質保証経験が豊富。

広島大学医学部保健学科卒業，理学療法士国家資格を保有。

医学部卒業後大阪大学基礎工学研究科に進学，ヒトの運動制御をロボティクスの観点から研究。

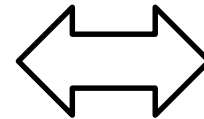
修了後オムロンヘルスケア株式会社入社（一時フクダ電子株式会社出向），病院向け医療機器のソフトウェア開発，臨床評価，医療機器の品質保証を経験。

前職在職中に博士(工学)を取得，現在大阪大学基礎工学研究科で助教。

「メタバースにおけるリハビリテーション」って何？



自身と異なる身体性が体験できる



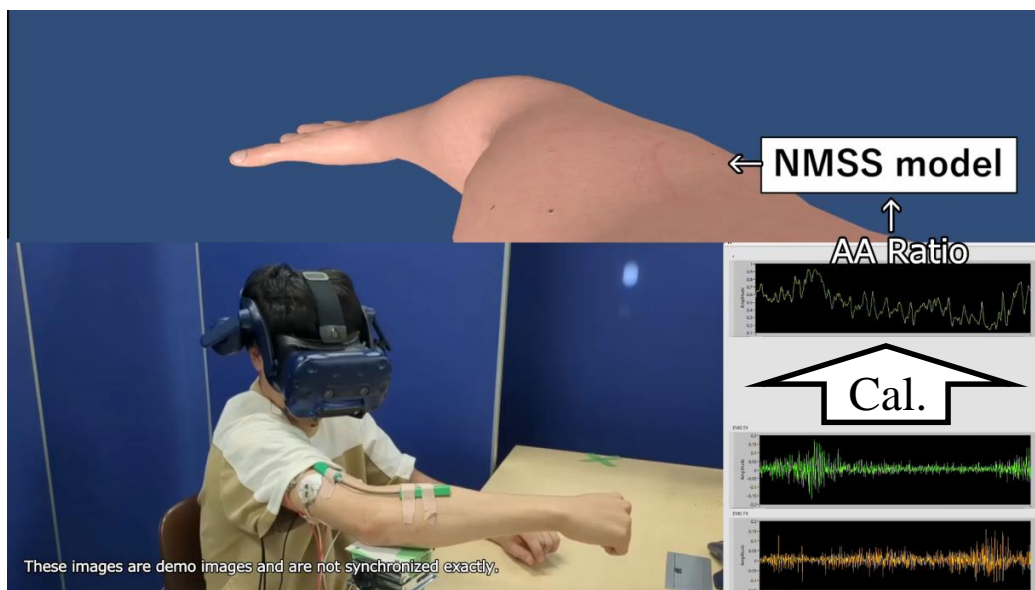
システムの使いすぎによる
身体の変調が未知

萩田ら, 「ウイズコロナ社会後の人と機械の共生の在り方
に関する科学技術の発展動向」成果報告書, 公益社団法人日本工学アカデミー, 2022

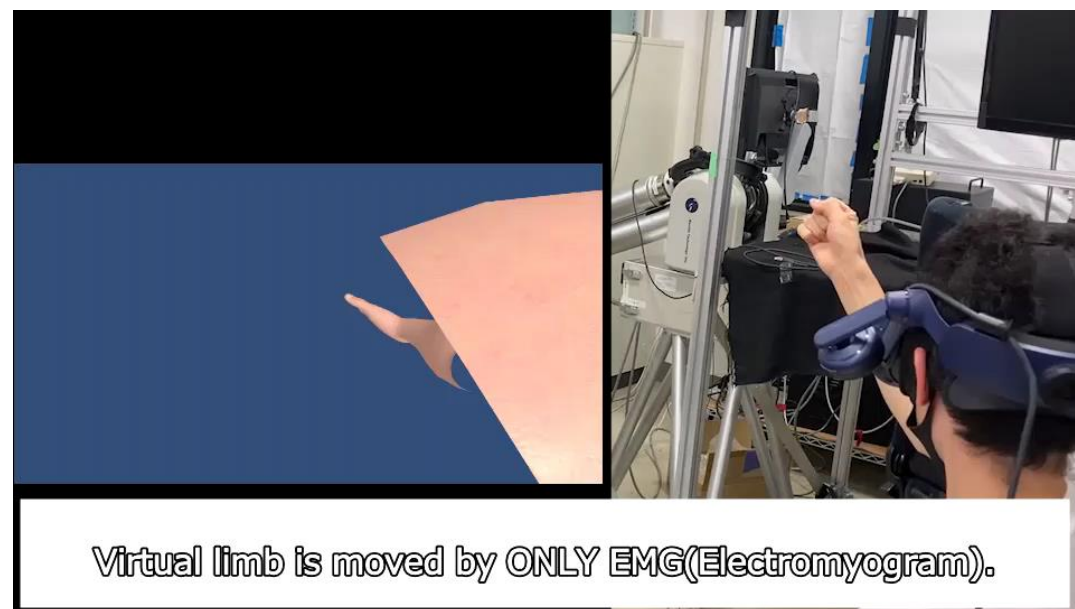
むしろこの変調こそがニューロリハビリテーションに重要なのでは？

「メタバースにおけるリハビリテーション」って何？

メタバース内でのアバターを操作(体験)することで、
自ずと(設定に応じた)リハビリテーション効果が得られる



「動きすぎてしまう」設定



「動かしにくい」設定

原理 誤差学習



ヘッドマウントディスプレイ (HMD)
で視覚的に一人称アバターを体験



リアル身体

内部モデルがアバター用に更新?

筋電図によりアバターを制御



アバター

NeuroNusculoSkeletal System

NMSS model

筋骨格系

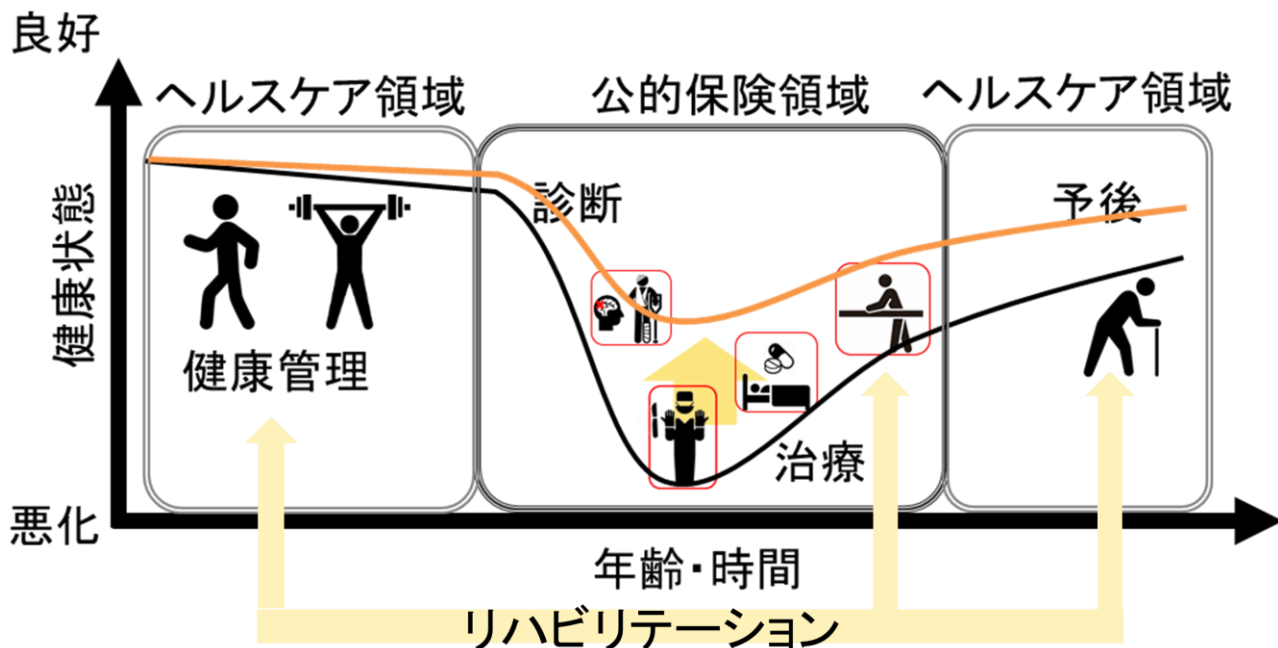
神経筋系

誤差学習 川人, 計測と制御, 1994

⇒ヒトは自身が行った運動が想定していたものと違うとその誤差をもとに小脳にあると言われる内部モデル (運動信号を生成・検証するモデル) を調整し適応していく

技術提案の背景

PHRを活用したリハビリテーションで健康寿命の延伸に貢献



Well-beingのためには
さらに全体での連携が必要
＝リハビリテーション医療DX

PHR(Personal Health Records)の活用スキームを
ヘルスケア・治療領域からリハビリテーション領域に拡張

PHR活用の現状
代表的なスキーム

ヘルスケア
早期検出・行動変容
疾病予防・未病

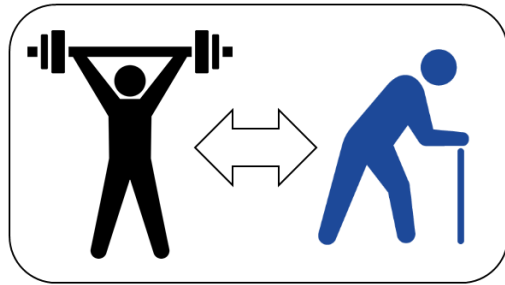
治療
ヒューマン・メタバース疾患学
シミュレーションを活用した手術・創薬

リハビリテーション
代表的なスキームなし

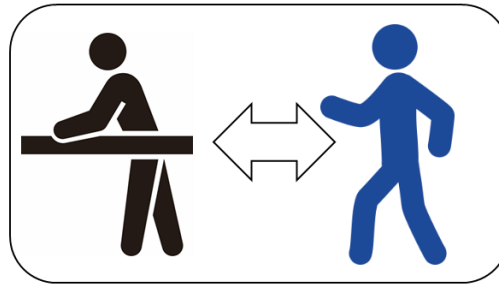
技術提案の背景

PHRを活用しパーソナライズされたモデルをアバターに実装 メタバーズ内で体験することでリハビリテーションを実施

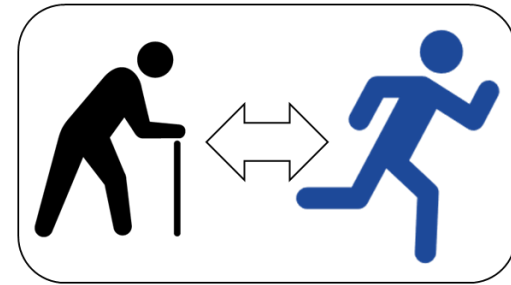
実現したいリハビリテーションコンセプト



健康時のトレーニング：
高地トレーニングのような
動きにくい他人のモデル



治療後の
リハビリテーション：
健康な頃の自分のモデル



老後の健康維持：
若い頃の自分のモデル

ライフサイクル全体を通じて健康状態を改善，健康寿命の延伸に貢献できる
コンセプト実現のためには「モデル」が必要



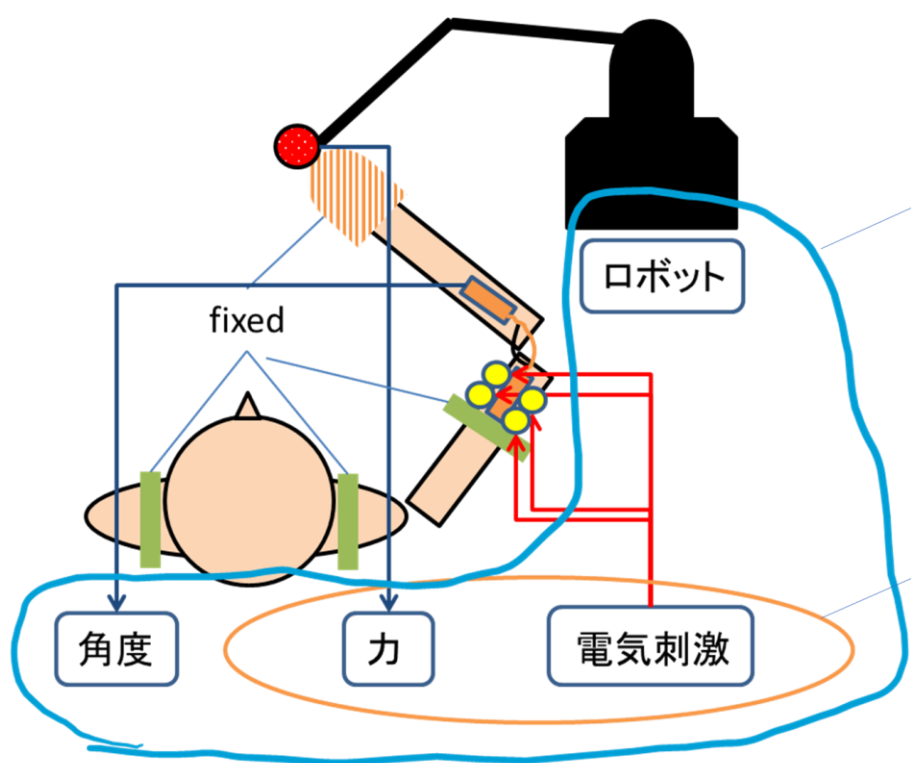
アバター



モデル化するために

人体に刺激を与えた時の
反応を測る必要がある

基盤技術 身体の計測とNMSSモデル同定



筋骨格系

力波形
VS
角度波形

$$G^*(s) = K \frac{\omega_n^2}{s^2 + 2\zeta\omega_n s + \omega_n^2}$$

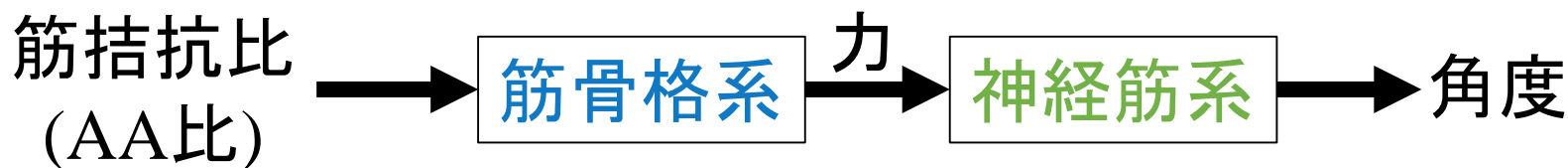
自然角周波数: ω_n
減衰係数: ζ
ゲイン: K

神経筋系

刺激波形
VS
力波形

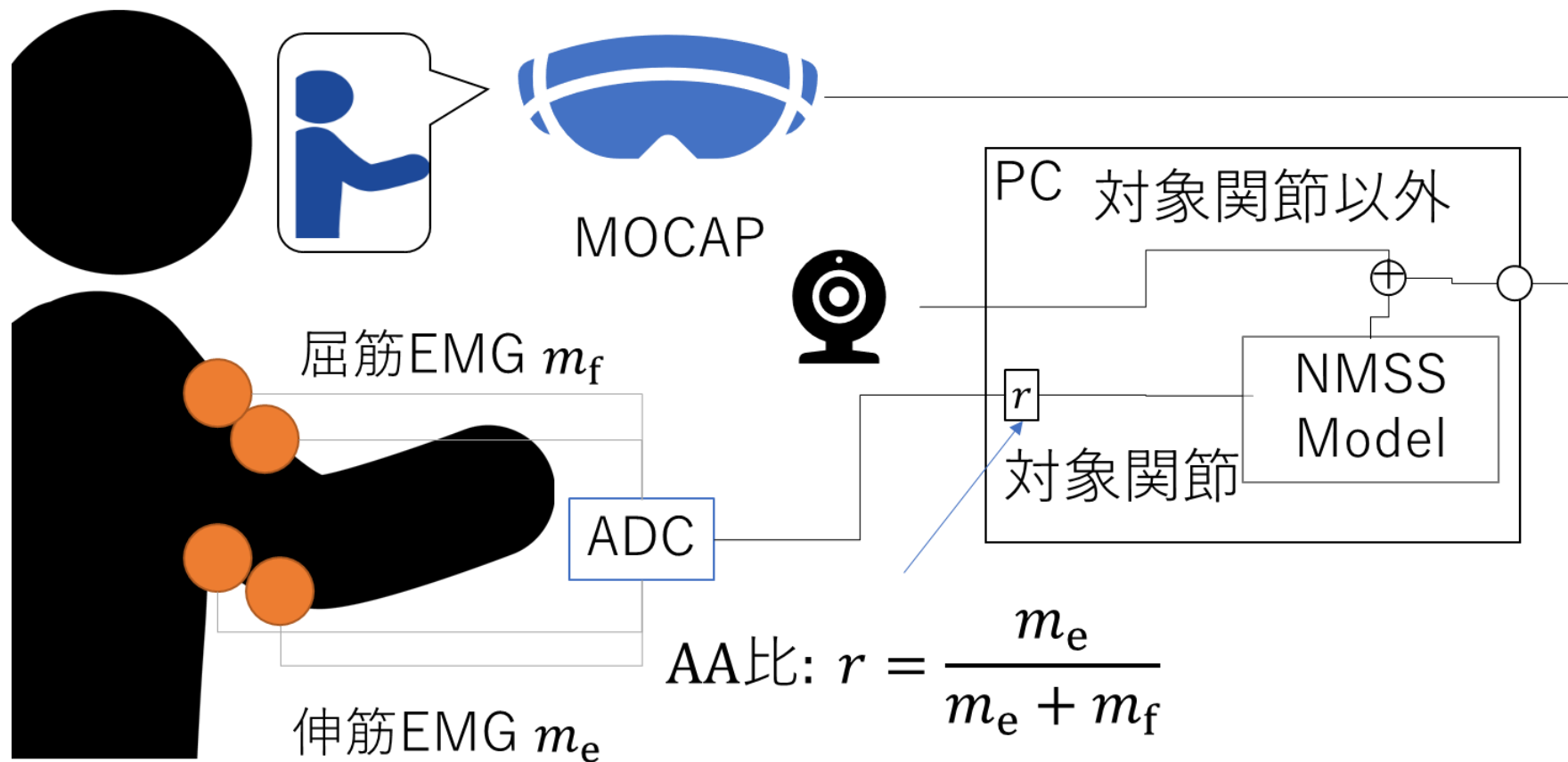
$$G(s) = K \frac{\omega_n^2}{s^2 + 2\zeta\omega_n s + \omega_n^2} e^{-s\tau}$$

自然角周波数: ω_n
むだ時間: τ
減衰係数: ζ
ゲイン: K



人体に電気刺激や力刺激を与えて、
得られる力や角度からシステム同定でモデルを取得

基盤技術 アバターを用いたリハビリテーション



HMD内の一人称アバターをEMGで操作し視覚フィードバック

技術コンセプト概要

アバターを用いたリハビリテーション

身体の計測とNMSSモデル同定

対象者の2筋からEMGを取得,
AA比を計算してNMSS modelで
アバター角度計算

一人称アバター

制御ループを構築

NMSS model

AA Ratio

Cal.

筋電図を入力すると
運動を再現できる

筋電図

ダイナミクスを反映した
運動器ヒューマンデジタルツイン

診断

パラメータx
パラメータy
パラメータz
...

ダイナミクス

電気刺激

サルコペニア

電気刺激を用いて
ヒトのダイナミクスを取得

These images are demo images and are not synchronized exactly.

身体の計測とNMSSモデル同定

従来技術とその問題点

新技術の特徴・従来技術との比較

	説明	大きさ	ダイナミクス取得	メタバース利用の想定
本技術	身体ダイナミクスを取得	○机上or外骨格型	○粘性に相当するパラメータを取得	○アバターに移植可能
CT/MRI	画像で筋の大きさなどを取得	×専用の部屋が必要で機材も巨大	×幾何的な情報のみ	○ヒューマンデジタルツイン構想で利用
超音波	筋の組成を画像から推定	○ポータブルあり	△剛性は推定できるが粘性は推定できない	×

アバターを用いたリハビリテーション 従来技術とその問題点 新技術の特徴・従来技術との比較

	説明	アバター操作	モデルベース	PHR利用 の想定
本技術	アバター体験	OEMG	○独自のNMSS Model	○
KAGURA (mediVR社)	コントローラ でゲームベ スリハビリ テーション	△アバターなし。 構成上操作もでき るが身体を動かす 必要あり	×操作モデルなし	×
KiNvis (インターリハ社)	動く身体を 「見せ」錯覚 を誘起	×操作を目的とし ない	-	×
NTT筋電図駆動 アバター(非製品)	動く身体を 「体験」	△アバター操作は トリガー制御	×トリガー制御の ためモデルなし	×

想定される用途

- サルコペニアやフレイルなどの検査機器
 - 手首サポーター型の機器を想定. 電気刺激装置, 手先力取得用カセンサが一体化されて, 簡単に検査ができる
- スタンドアロンでVRリハビリテーション機器
 - 様々な筋電図取得装置からのアナログ/デジタル信号が取得できるIO部
 - 筋電図取得部で計算された結果を受け取るUnityをベースとしたアバター表示部
- メタバースにおける遠隔リハビリテーションサービス
 - VRchatなどのメタバースにおいて, セラピストのアバターと一緒にリハビリテーションができるサービスの開発

実用化に向けた課題

出来ていること

- NMSSモデル同定のための、机上、外骨格型の検査装置試作開発済み
 - 手首、肘1関節を対象にNMSSモデル同定が可能
 - 手首におけるダイナミクスパラメータと身体指標が関係することを示唆する結果を得ている
- アバターを用いたリハビリテーションのために、大型のプロトタイプを用いて、アバター体験により誤差学習が生じることを確認済み

実用化に向けた課題

課題

- 有疾患において、検査・治療として成り立つかの検証(PoC)が必要(協業先と連携を進めている)
- パーソナライズモデルをより精緻に取得し(伝達関数の複雑化)、アバターに実装できるようにする必要がある

課題解決に向けて

- 検査, アバター体験両方で, 試作をベースにした小型化, 簡便化(モノづくり)が必要

企業への期待

- モノづくり部分において課題が多いため、共同機器開発
 - 電気刺激＋カセンサを組み込んだ手首サポータタイプの検査装置の開発を一緒に進めていただける
 - 筋電図取得部(アナログ/デジタルIO部), およびアバター表示部(Unityベースの表示回り)の開発を一緒に進めていただける
- サービス開発
 - VRchatなど、一般のメタバース空間に筋電図駆動アバターを実装できる
- 一緒に社会実装に向けて研究ステップを進めていただける企業様大歓迎

本技術に関する知的財産権

- 発明の名称 : 電気刺激装置及び電気刺激方法
- 出願番号 : 特願2021-036935, PCT/JP2022/0047962
- 出願人 : 大阪大学
- 発明者 : 松居和寛

- 発明の名称 : ダイナミクス測定装置
- 出願番号 : 特願2023-196677
- 出願人 : 大阪大学
- 発明者 : 松居和寛, 鈴木雄也, ゴン シュオガン

- 発明の名称 : 深部筋選択刺激を可能とする電気刺激手法
- 出願番号 : 特願2022-087334, PCT/JP2023/017839
- 出願人 : 大阪大学
- 発明者 : 松居和寛, 西川敦, 厚海慶太, 菊池伊於里

- 発明の名称 : 運動支援装置
- 出願番号 : 特願2023-039685
- 出願人 : 大阪大学
- 発明者 : 永井美和, 西川敦

お問い合わせ先

大阪大学

共創機構 イノベーション戦略部門 知的財産室

<TEL> 06-6879-4861

<e-mail> tenjikai@uic.osaka-u.ac.jp