



国立大学法人

東京農工大学

Tokyo University of Agriculture and Technology

新技術説明会
New Technology Presentation Meetings!

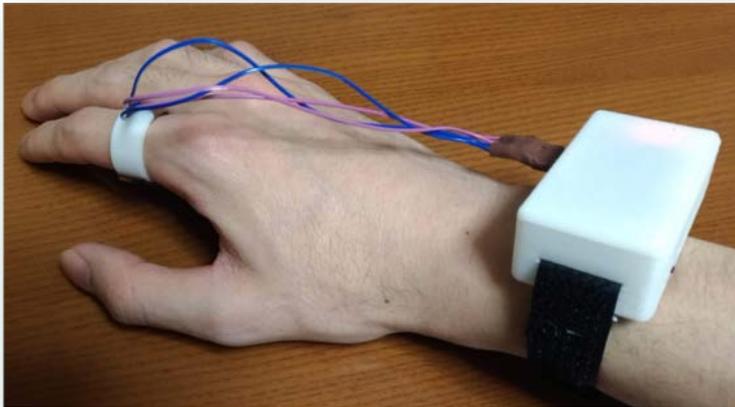
高次脳機能障害患者のリハビリテーションを 促進・支援するヒューマンインタフェース

大学院工学研究院

先端情報科学部門

教授 近藤 敏之

1. ウェアラブルセンサによる運動機能評価システム
2. 没入型VRとモーションセンシングを組み合わせたリハビリテーションシステム



- 脳卒中麻痺患者の回復期リハビリテーション
 - 麻痺肢の積極的利用が回復を促進 (**Use-dependent Plasticity**)
 - 日常生活における麻痺肢の使用量を経時的に把握することが重要
 - 運動機能評価 (**Action Research Arm Test, 9-Hole Peg Test**等) では評価不能
 - 臨床的には質問紙形式 → 患者の認知能力 (記憶) に大きく左右される
 - Motor Activity Log (MAL)
 - Stroke Impact Scale (SIS)
- ウェアラブルデバイスによる計測

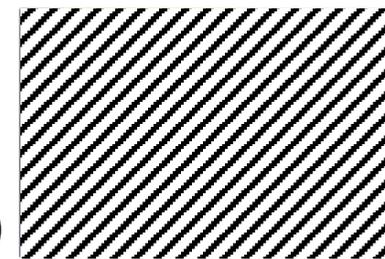
- 日常生活下の運動機能評価 (従来技術)

- **Accelerometer**

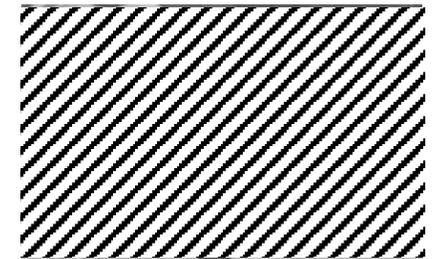
- 両手首につけた腕時計型加速度センサで左右の上肢運動を計測
 - 指の使用量は計測されない

- **Manometer**

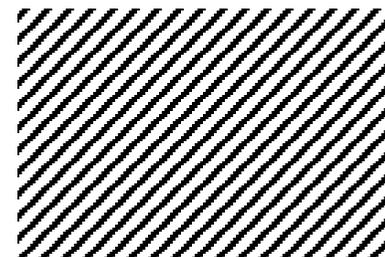
- 磁気センサにより指運動を計測可能
 - 測定精度が低い
 - 複数の指運動は計測不能



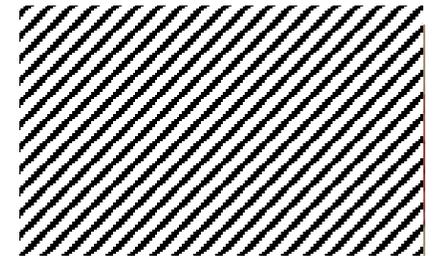
AR Arm Test



9-Hole Peg Test



Accelerometer

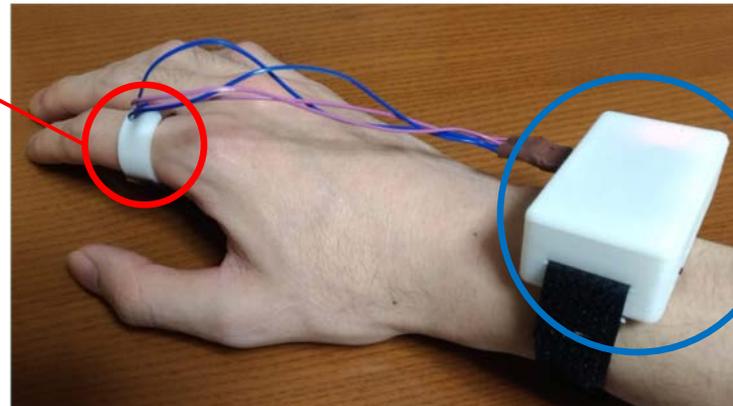


Manometer

指輪型ウェアラブルデバイス

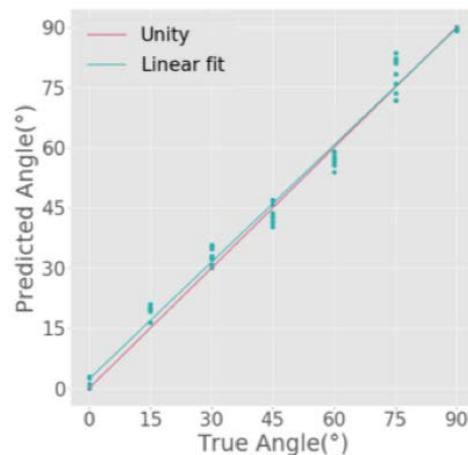
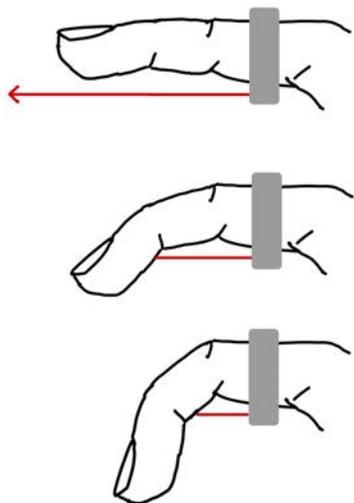
指輪型センサデバイス

- LED (高指向性)
- Phototransistor



リストボックス

- 加速度センサ
- マイコン
- バッテリ



Participant ID	Mean Absolute Error (deg)	R ²
A	2.62	0.995
B	6.61	0.985
C	2.71	0.993
D	5.01	0.994
E	2.33	0.995
F	3.04	0.986
G	1.57	0.998
H	2.87	0.992
mean (±sd)	3.34 (±1.54)	0.992 (±0.004)

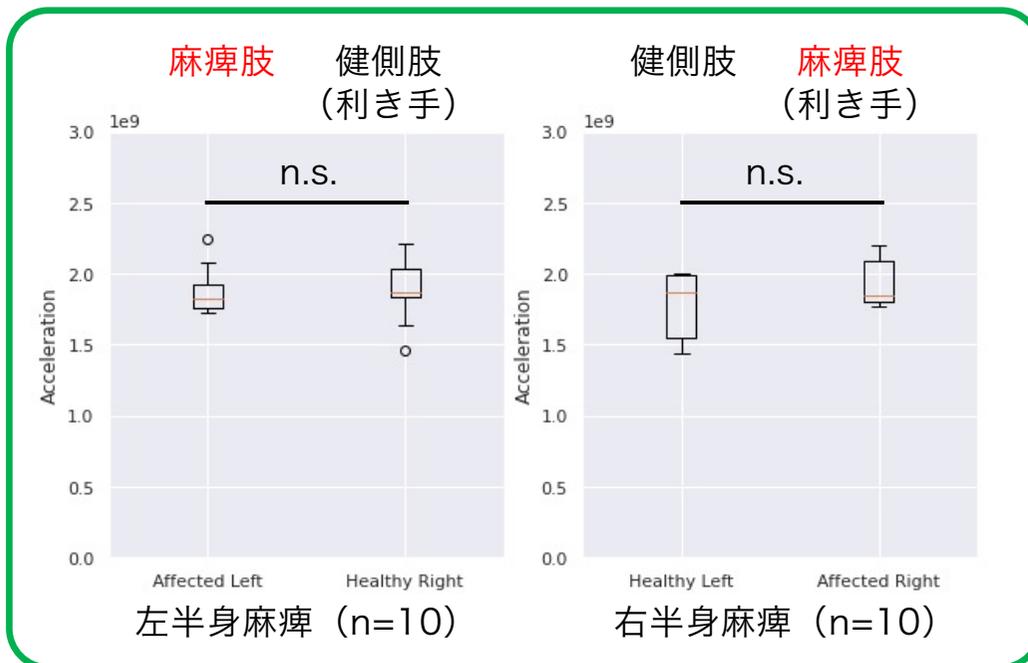
指腹で乱反射した光の強度から第二関節の屈曲角度を推定

- **指関節角度変化量の積分値 → 手指使用量**
- **手首加速度の積分値 → 上肢運動量**

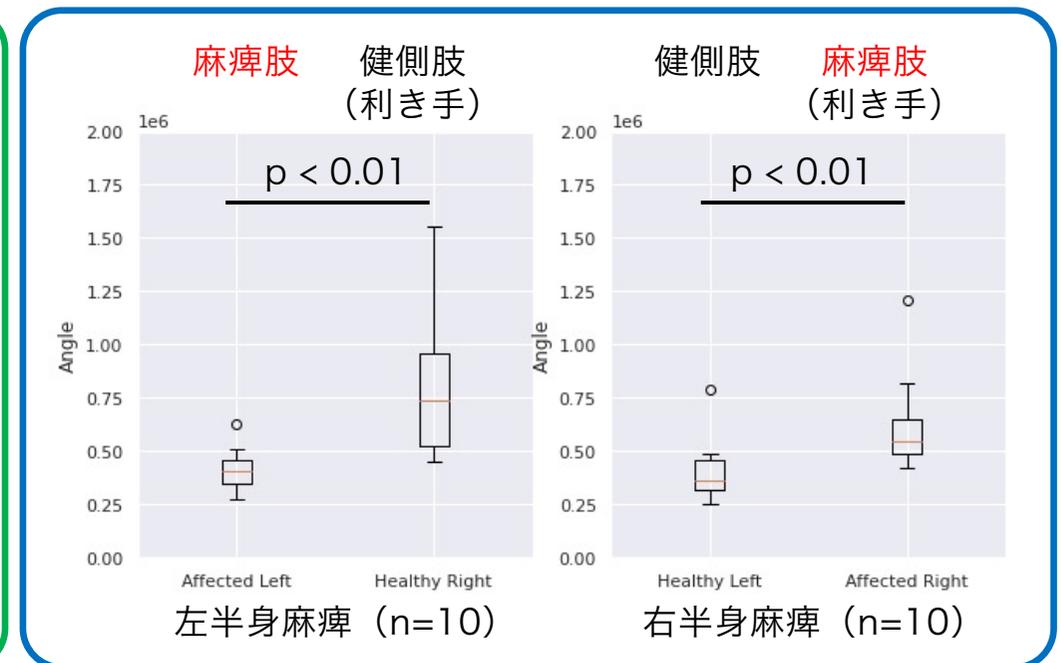
指輪デバイス：評価実験

回復期リハ病院において、**右利きの麻痺患者20名**に対し指輪型デバイスを両手に装着の上、終日（8:00～20:00）連続して計測（リハ介入の3時間は除く）

- **本システムで計測した麻痺側手指の使用率と臨床評価指標（FMA、STEF等）に有意な相関**
- **手首加速度の積分値（左図）**からは麻痺手と健常手の差は認められない
- **指関節角度の総変化量（右図）**から、左半身麻痺患者は利き手かつ健常な右手をより使い、右半身麻痺患者でも麻痺した利き手をより多く使っている



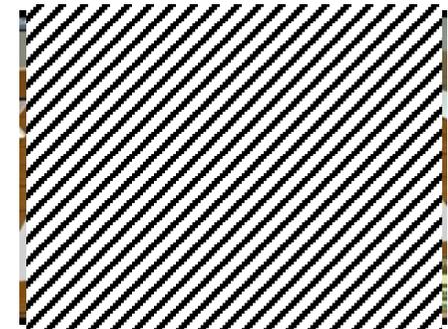
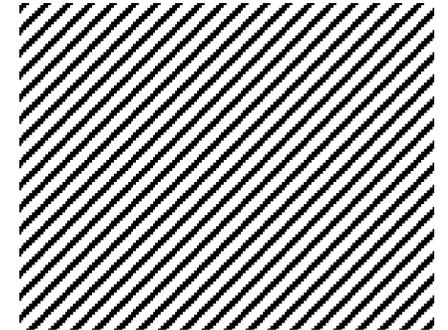
手首加速度の積分値



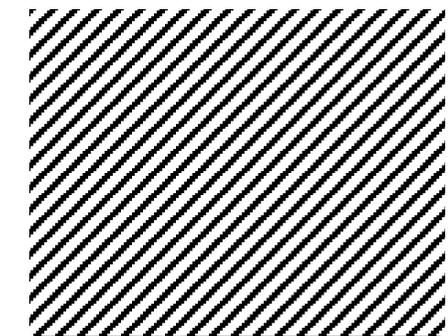
指関節角度の総変化量

幻肢痛治療：従来技術とその問題点

- 幻肢痛(Phantom Limb Pain)
 - 事故や病気で失われた手足の存在を痛みとともに感じる
 - 痛みの原因：実身体と脳内身体表現の齟齬
 - 鏡療法[Ramachandran 1999]
 - 鏡に映した健側の動きを麻痺側の随意運動と錯覚させる
 - 幻肢の**テレスコーピング現象**には対応不能
- VR/ARを用いた幻肢痛緩和システム
 - 没入型VRによる身体錯覚システム[Inamura et al.]
 - Kinectセンサで身体動作を計測、HMD内の仮想肢を操作
 - 回内/回外動作（腕のひねり）を反映できない
 - 手指動作、力情報を表現できない→筋電位が有効
 - 筋電位駆動のAR義手システム[Ortiz-Catalan et al.]
 - 身体動作計測用の外部カメラ設置が必要
 - 没入型でないことによる主体感の欠如
- 没入型VRによる脳内身体表現介入システムの要件
 - ウェアラブル身体運動計測センサ（IMU, 筋電位）
 - 没入型VR

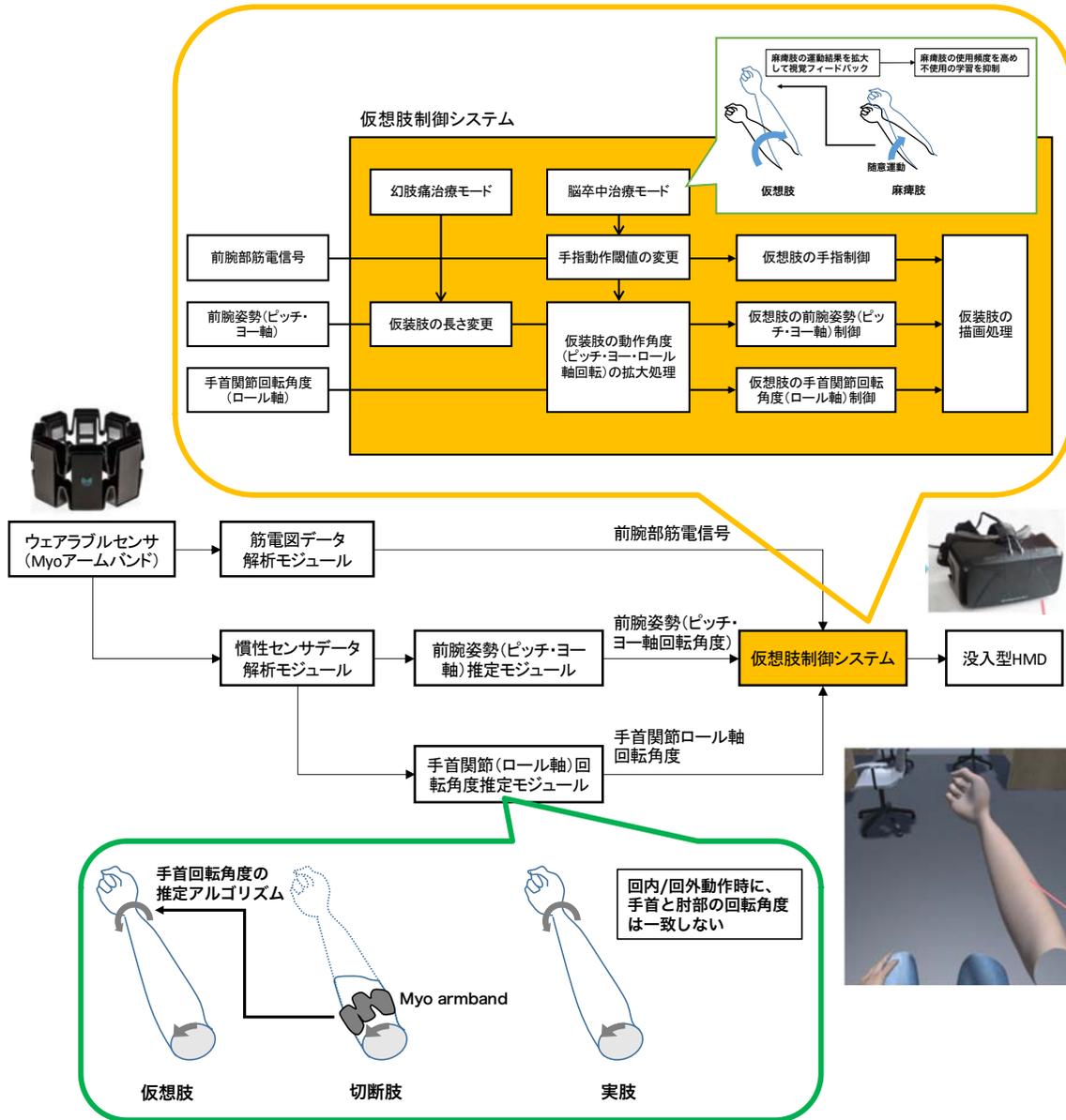


Inamura et al.



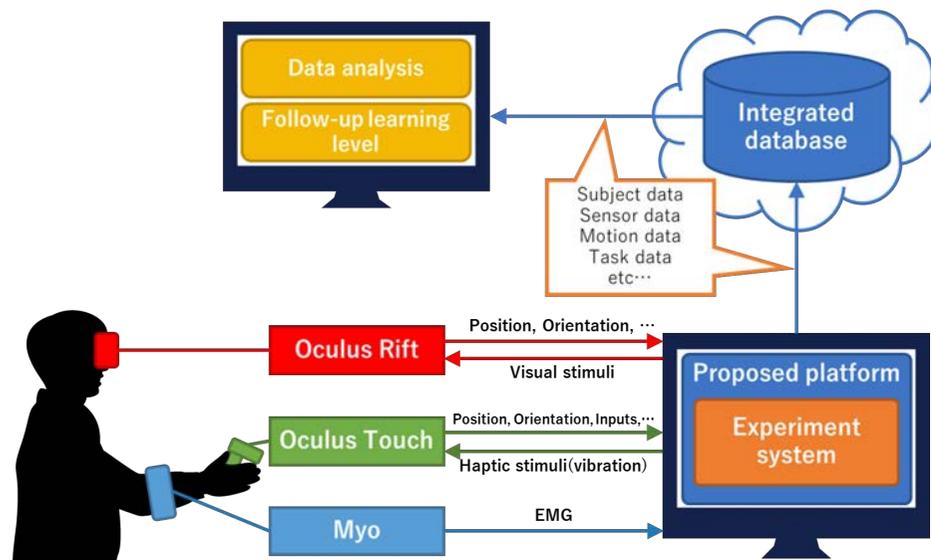
Ortiz-Catalan et al.

没入型VRによる幻肢痛緩和システム



例：没入型VRによる視覚拡大介入

- 麻痺側の使用頻度を高めるため、没入型VR内で麻痺肢（右手）の運動を視覚的に拡大
- 視覚拡大条件下で運動訓練後、拡大率を徐々に低下させ元に戻しても麻痺肢の使用頻度は維持される[Sakabe 2021]



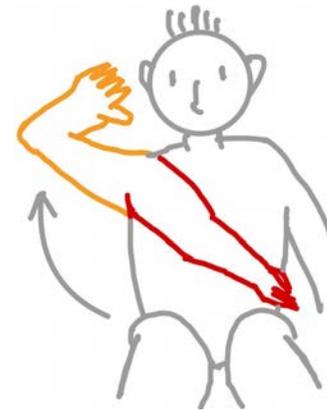
Sakabe N, Altukhaim S, Hayashi Y, Sakurada T, Yano S and **Kondo T** (2021) Enhanced Visual Feedback Using Immersive VR Affects Decision Making Regarding Hand Use With a Simulated Impaired Limb. *Front. Hum. Neurosci.* 15:677578. doi: 10.3389/fnhum.2021.677578

例：FMA自動採点システム

- FMA (Fugl-Meyer Assessment)

- リハビリ介入効果の評価指標
- 複数人のPTが目視で採点
 - 経験による採点能力の差
 - 採点が難解な動作を含む

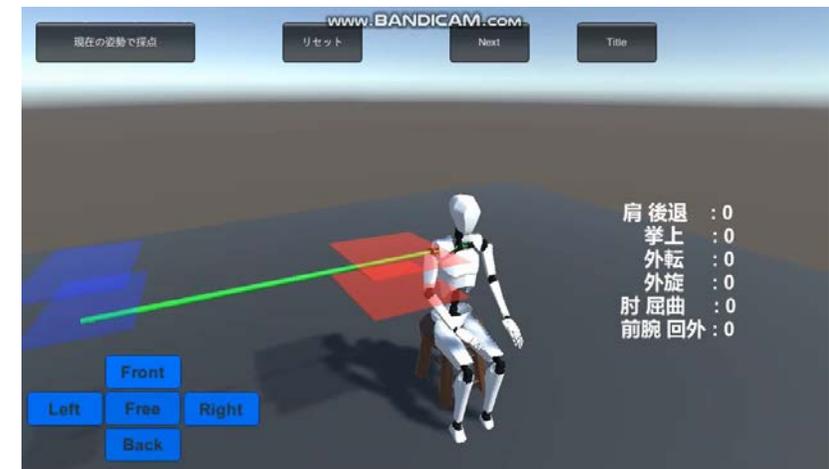
屈筋共同運動



肩甲骨の後退	0	1	2
肩屈曲	0	1	2
肩外転 (90°)	0	1	2
肘屈曲	0	1	2
前腕の回外	0	1	2
肩外旋	0	1	2

- 自動採点システム

- VR+モーションキャプチャで構成
- 採点基準の統一
- アバターで全方位から3D表示
- 若手PTの学習資料



想定される用途・波及効果

- ウェアラブルセンサの用途としては、身体運動や生理信号を常時計測してクラウドにデータ保存することで、生活習慣と健康状態のデータベース構築に利用できる
- 没入型VRとウェアラブルセンサを組み合わせた応用としては、幻肢痛治療に加えて身体動作を反映したエンターテインメントシステム（エクサゲーム）や脳卒中リハビリテーションシステムが考えられる。特にモチベーションを高めるためのゲーミフィケーション（課題難易度の調節アルゴリズムなど）導入が鍵となる
- 脳卒中患者の数は100万人を超える（厚労省）と言われており、上肢切断による幻肢痛患者よりもはるかに適用対象が多いため、本手法が与える影響は計り知れない。

企業への期待

- ウェアラブル身体運動計測デバイスの実装に強みがある企業との共同研究を希望
- ウェアラブルデバイスとVR・クラウド技術を組み合わせた医療・健康・福祉ソリューションの開発に関心がある企業との共同開発を希望。

本技術に関する知的財産権

- 発明の名称 : 手指運動推定システム
 - 出願番号 : 特願2019-077840
 - 出願人 : 国立大学法人東京農工大学
 - 発明者 : 近藤 敏之、松本 崇斗
-
- 発明の名称 : 表示制御装置及び表示制御プログラム
 - 出願番号等 : 特願2017-002403
特許第6863572号
 - 出願人 : 国立大学法人東京農工大学
 - 発明者 : 近藤 敏之

東京農工大学 先端産学連携研究推進センター

T E L 042-388-7550

F A X 042-388-7553

e-mail suishin@ml.tuat.ac.jp