

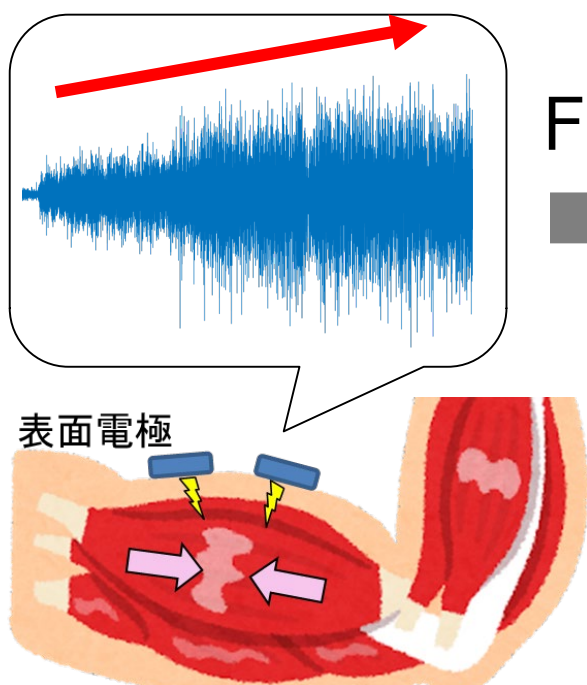
複雑かつ瞬時的動作に対応可能な 筋疲労評価システム

岩手大学 理工学部 システム創成工学科
准教授 佐々木誠

2024年3月14日

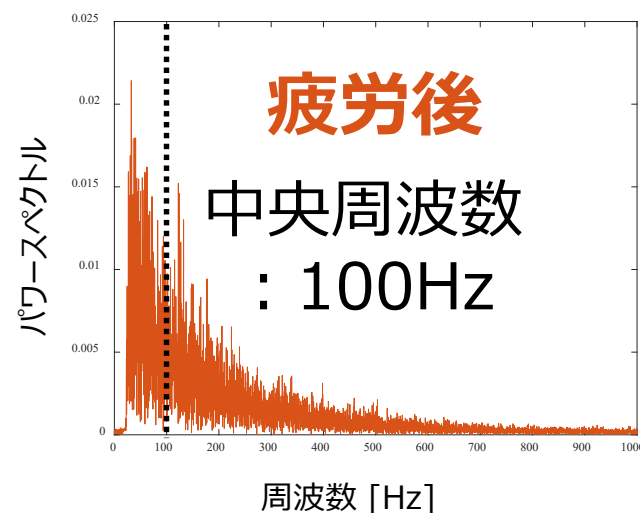
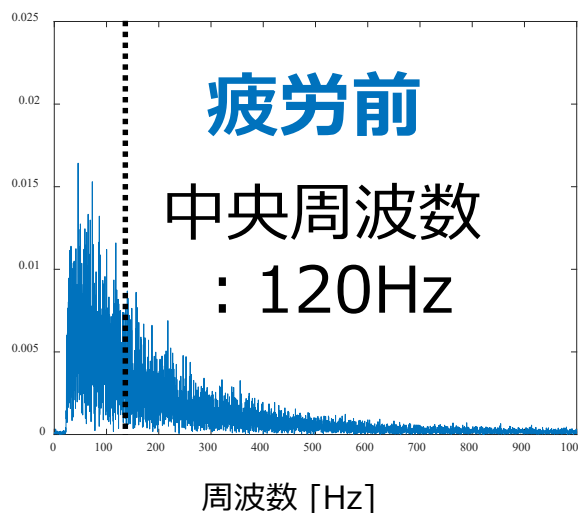
筋疲労評価の従来技術

筋疲労により，表面筋電位（sEMG）信号の振幅が増大，低周波成分が増加



FFT

パワースペクトル



筋疲労による低周波成分の増加：徐波化

従来技術の課題

sEMG信号の利用は、**非侵襲的**に筋疲労評価を行える一方で、

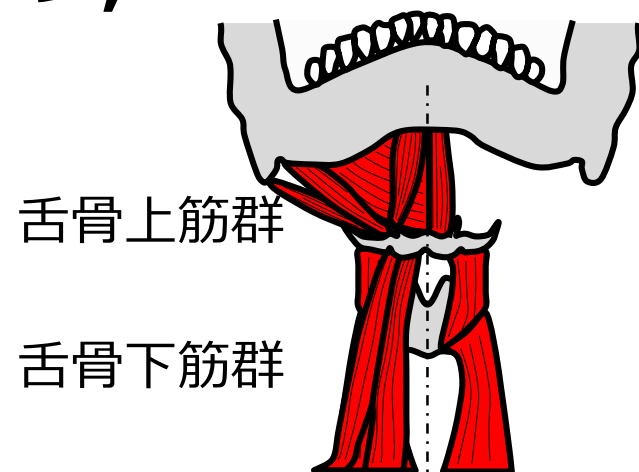
- ✓対象動作は、**等尺性随意収縮**のような静的な動作が中心
- ✓嚙下のようなわずか1秒程度の**瞬間的かつ動的な動作**に十分対応できない

嚥下と疲労の関係性

解剖学的・生理学的な観点から、老化した器官系は**動きが鈍くなり、安定性、協調性、持久力が低下する**

高齢者は**食事に時間がかかる傾向があり、嚥下関連筋群の運動効率が低下**
→ **疲労しやすい状態と考えられる¹⁾**

舌骨上筋群・下筋群の疲労は誤嚥リスクを高めるひとつの要因

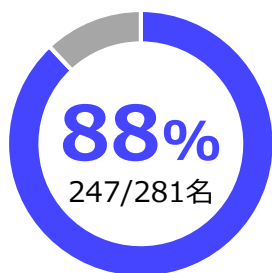


1) T. Hiramatsu et al., Effect of aging on oral and swallowing function after meal consumption, 2015.

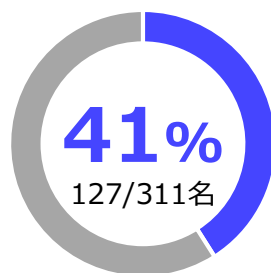
嚥下と疲労の関係性

嚥下における**疲労の影響**に関する検討は不十分

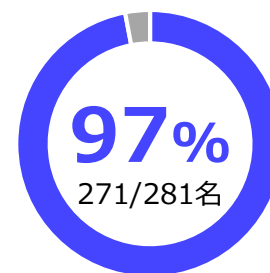
米国における言語聴覚士を対象としたアンケート調査²⁾



疲労への対応を
行っている



患者の申告により
疲労を判断する



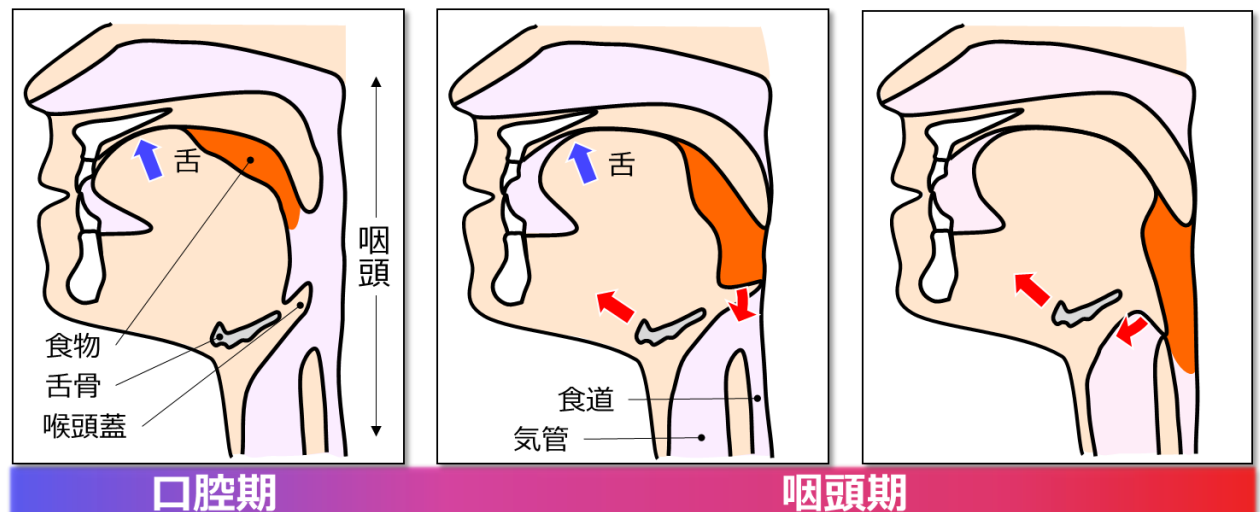
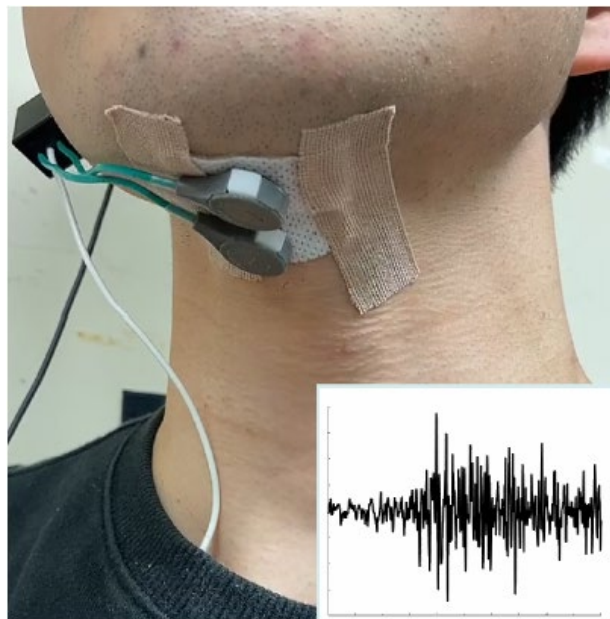
標準化された評価法に
興味がある

**患者の自己申告のような主観的な評価に頼らない
客観的な評価方法が求められている**

2) Daniel Brates et al., Survey of Clinician Perspectives and Practices Regarding Swallowing-Related Fatigue, 2021.

嚥下時sEMG信号から 筋疲労検出が難しい理由

- ✓ 1秒程度の瞬間的な動作であること
- ✓ 随意運動と嚥下反射が混在する複雑な運動制御により実現されていること



随意運動：
舌による食物の送り込み

嚥下反射：
舌骨挙上，気管閉鎖 …etc.

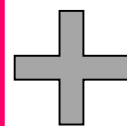
筋疲労評価の新技術

筋シナジー解析と画像類似度評価を組み合わせた筋疲労評価技術 (特願2023-135155)

筋シナジー解析

(特開2021-142087)

sEMG信号を随意
運動と嚥下反射
に分離する技術



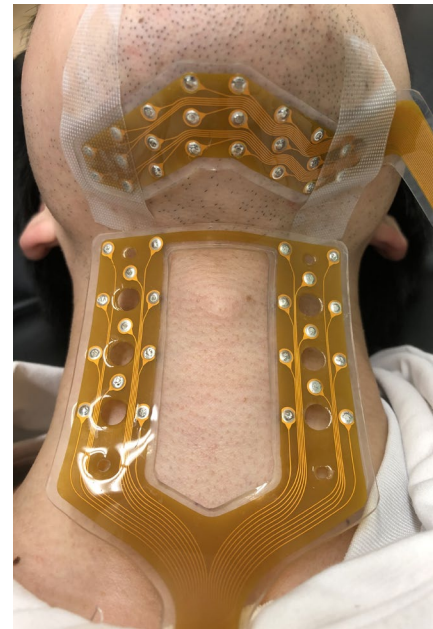
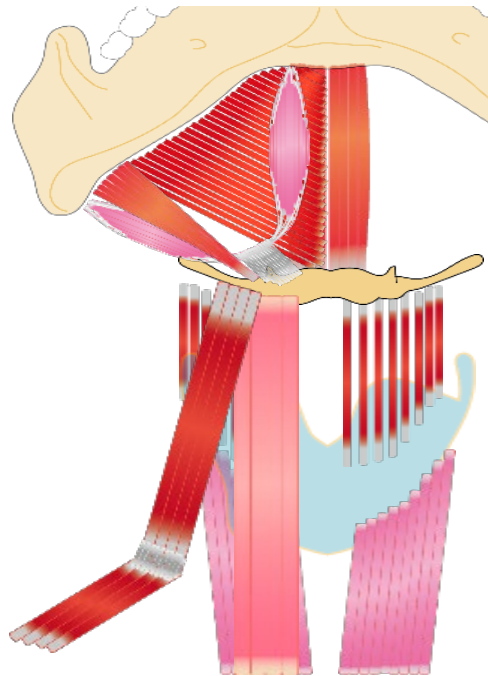
画像類似度評価

(特許第7428383号)

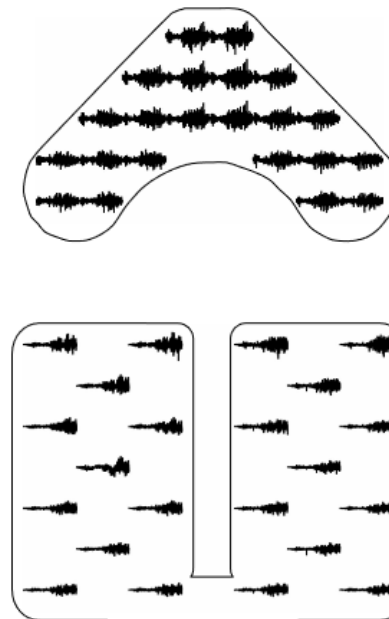
嚥下条件の違いに
よる筋活動変化を
検出する技術

筋シナジー解析による信号分離

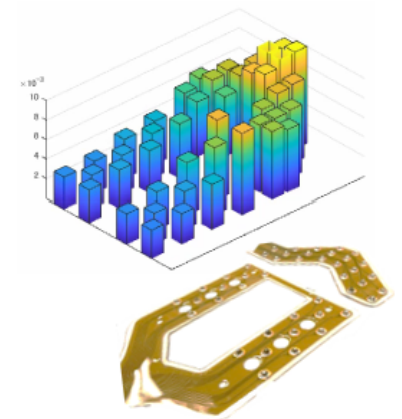
舌骨上筋群用
22チャンネル電極



観測信号



全波整流 (RMS)



舌骨下筋群用
22チャンネル電極

筋シナジー解析による信号分離

RMS信号

M

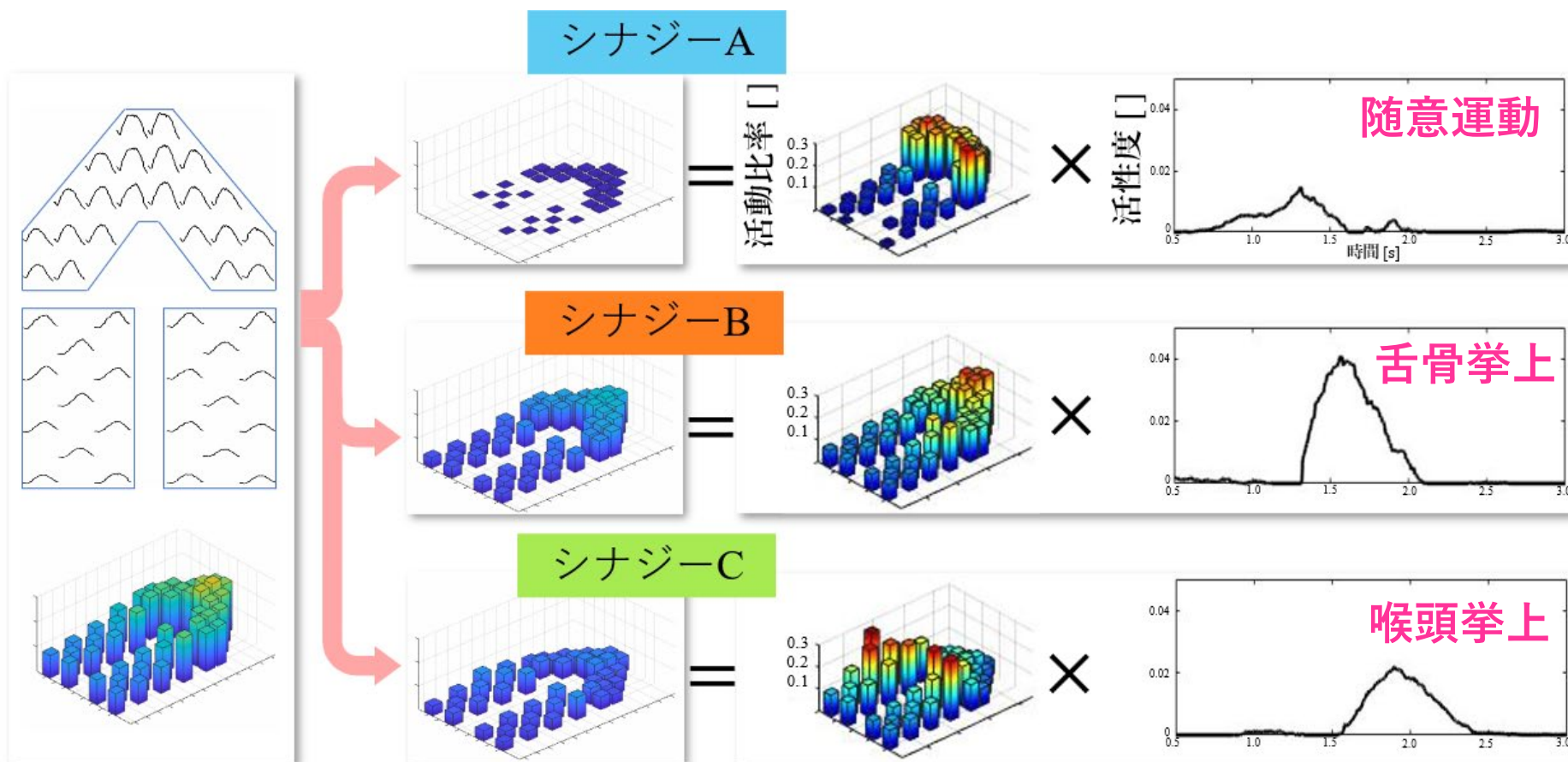
\approx

空間パターン

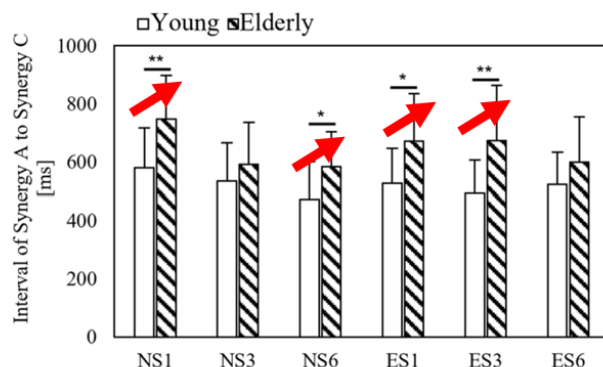
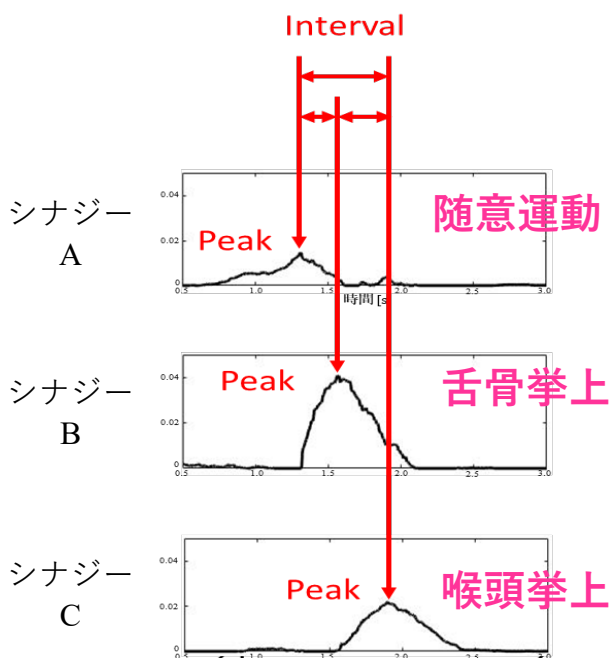
W

時間パターン

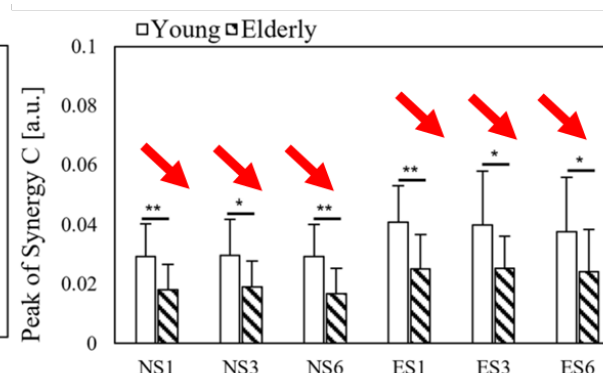
C



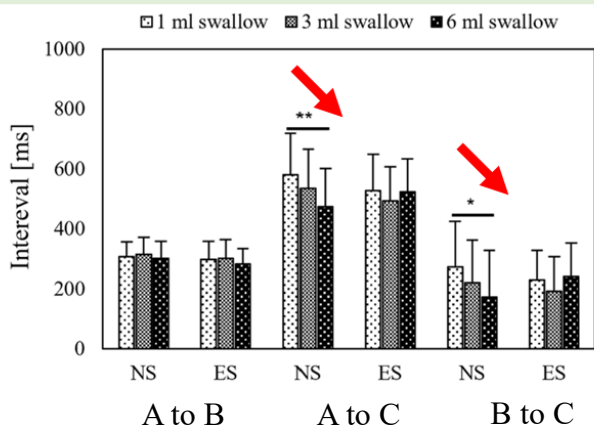
筋シナジーから見た加齢変化の特徴



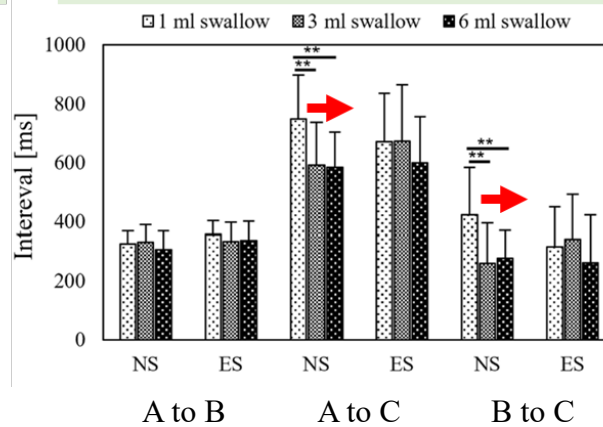
高齢者ほど、嚥下反射が遅れる
(気道閉鎖のタイミングが遅い)



高齢者ほど、嚥下反射に関する筋活動が小さい(筋力低下)



若年者は、一回嚥下量が増えるほど、反射のタイミングが早くなる



高齢者は、予備能が小さく、一回嚥下量の増加に対応できない

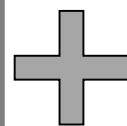
筋疲労評価の新技術

筋シナジー解析と画像類似度評価を組み合わせた筋疲労評価技術 (特願2023-135155)

筋シナジー解析

(特開2021-142087)

sEMG信号を随意
運動と嚥下反射
に分離する技術



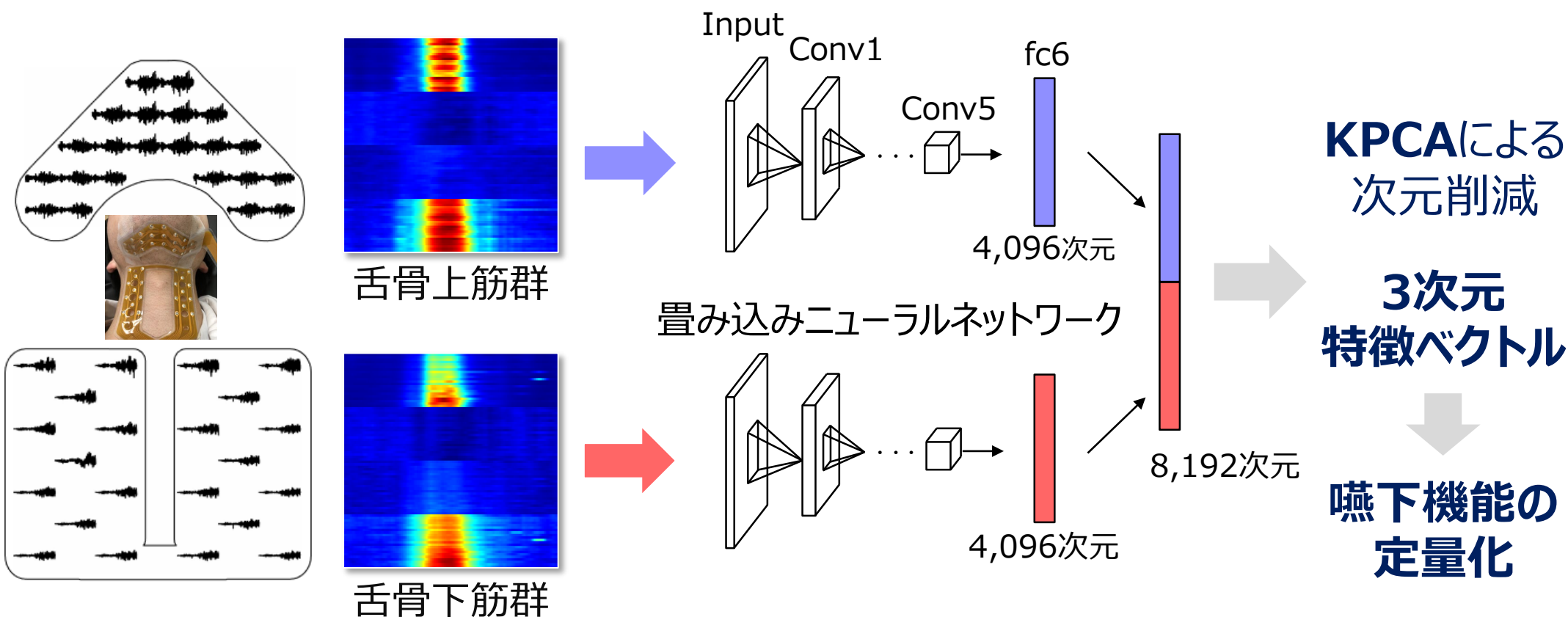
画像類似度評価

(特許第7428383号)

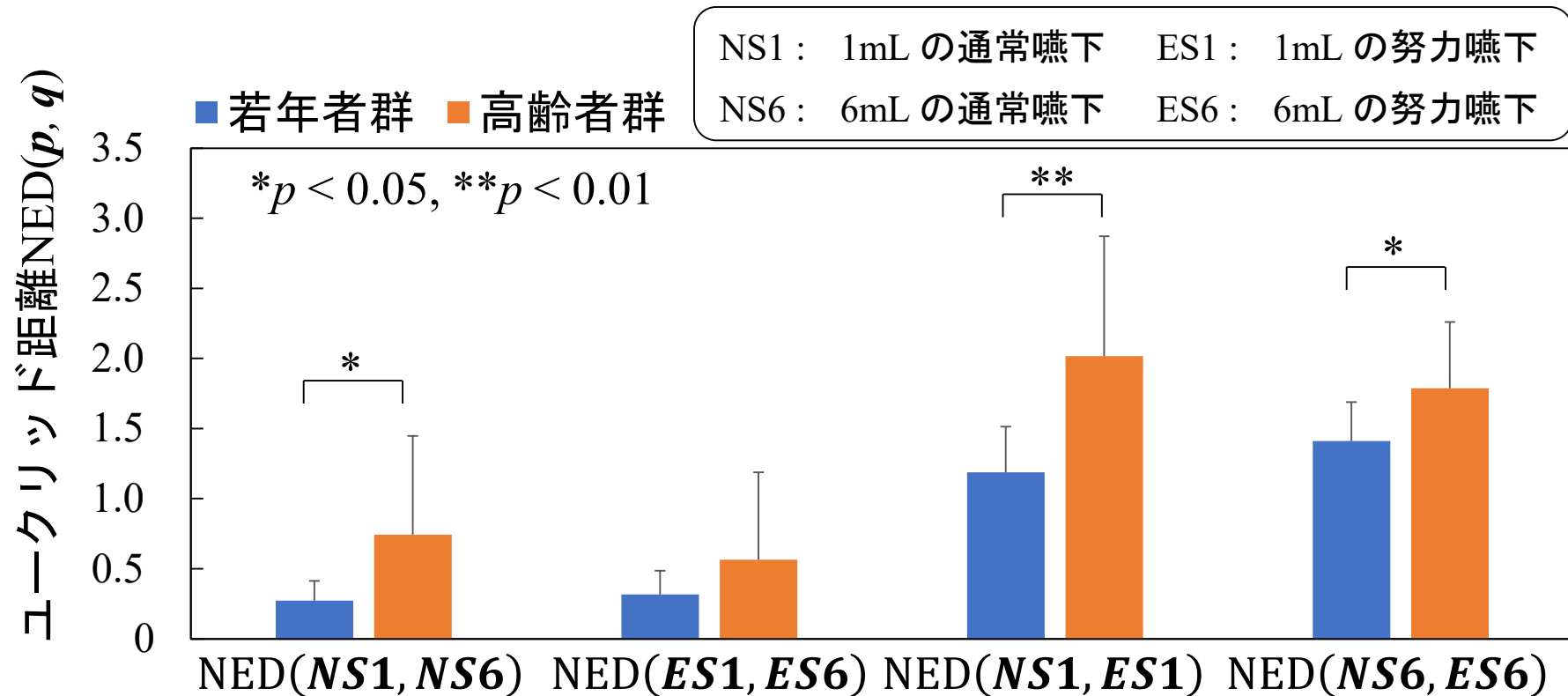
嚥下条件の違いに
よる筋活動変化を
検出する技術

画像類似度を用いた嚥下機能評価

- ✓ 一回嚥下量の変化に対応する嚥下予備能
- ✓ 飲み込み強さを変える嚥下予備能



嚥下機能の加齢変化



- ・有意水準5% : NED(NS1, NS6)【一回嚥下量を変化させた通常嚥下】
NED(NS6, ES6)【嚥下強さを变化させた6mL嚥下】
- ・有意水準1% : NED(NS1, ES1)【嚥下強さを变化させた1mL嚥下】

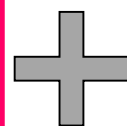
筋疲労評価の新技術

筋シナジー解析と画像類似度評価を組み合わせた筋疲労評価技術 (特願2023-135155)

筋シナジー解析

(特開2021-142087)

sEMG信号を随意
運動と嚥下反射
に分離する技術



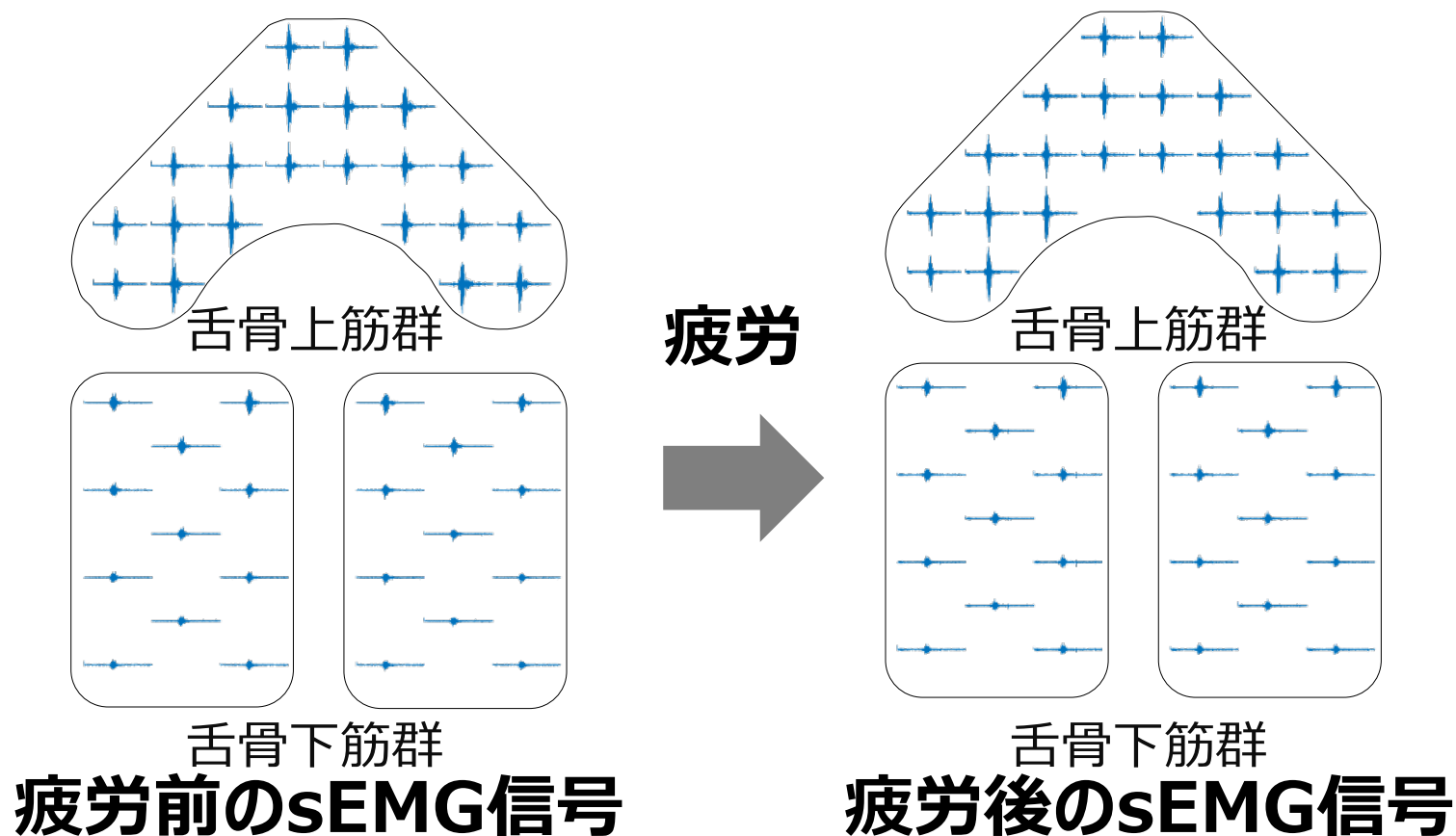
画像類似度評価

(特許第7428383号)

嚥下条件の違いに
よる筋活動変化を
検出する技術

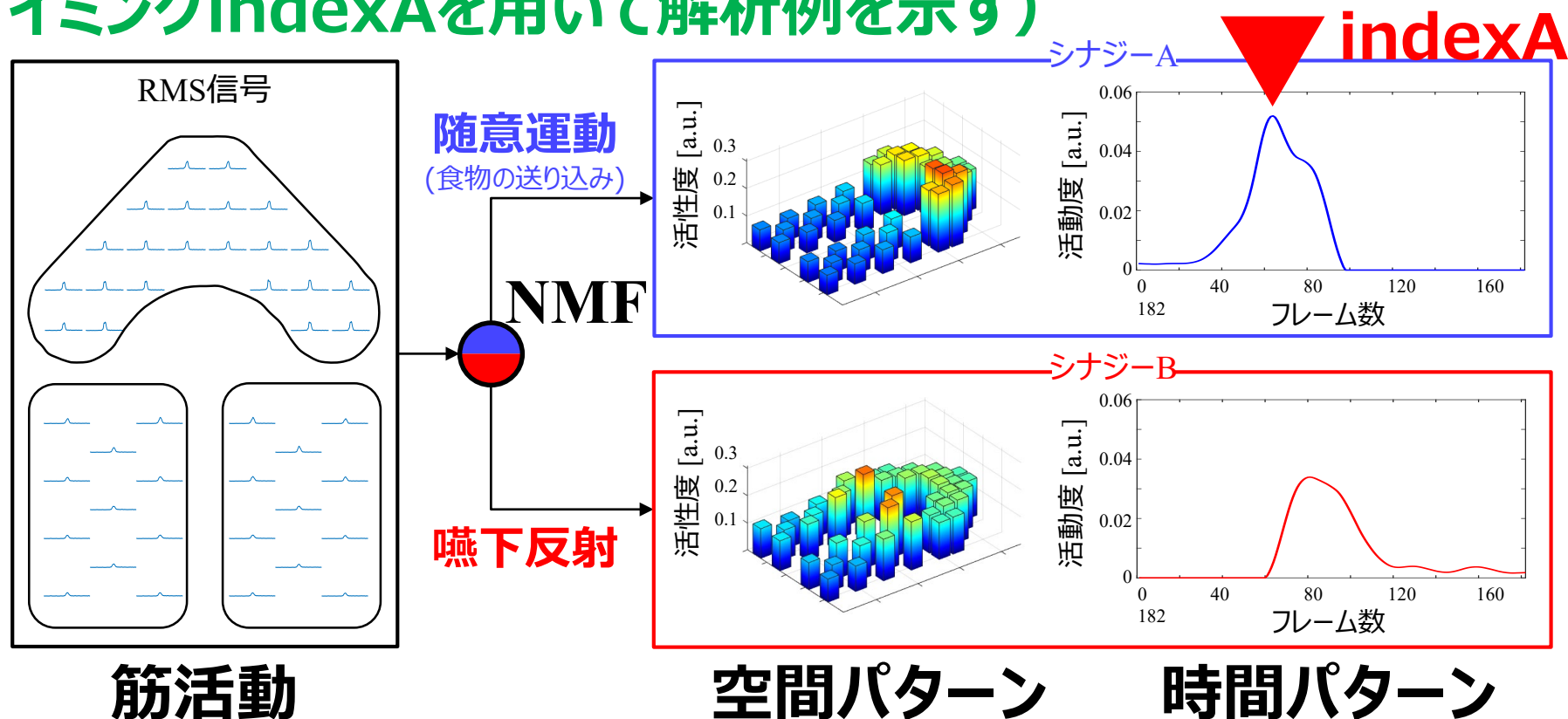
筋疲労評価の新技術

Step 1 : 疲労前後の嚥下時sEMG信号を測定する



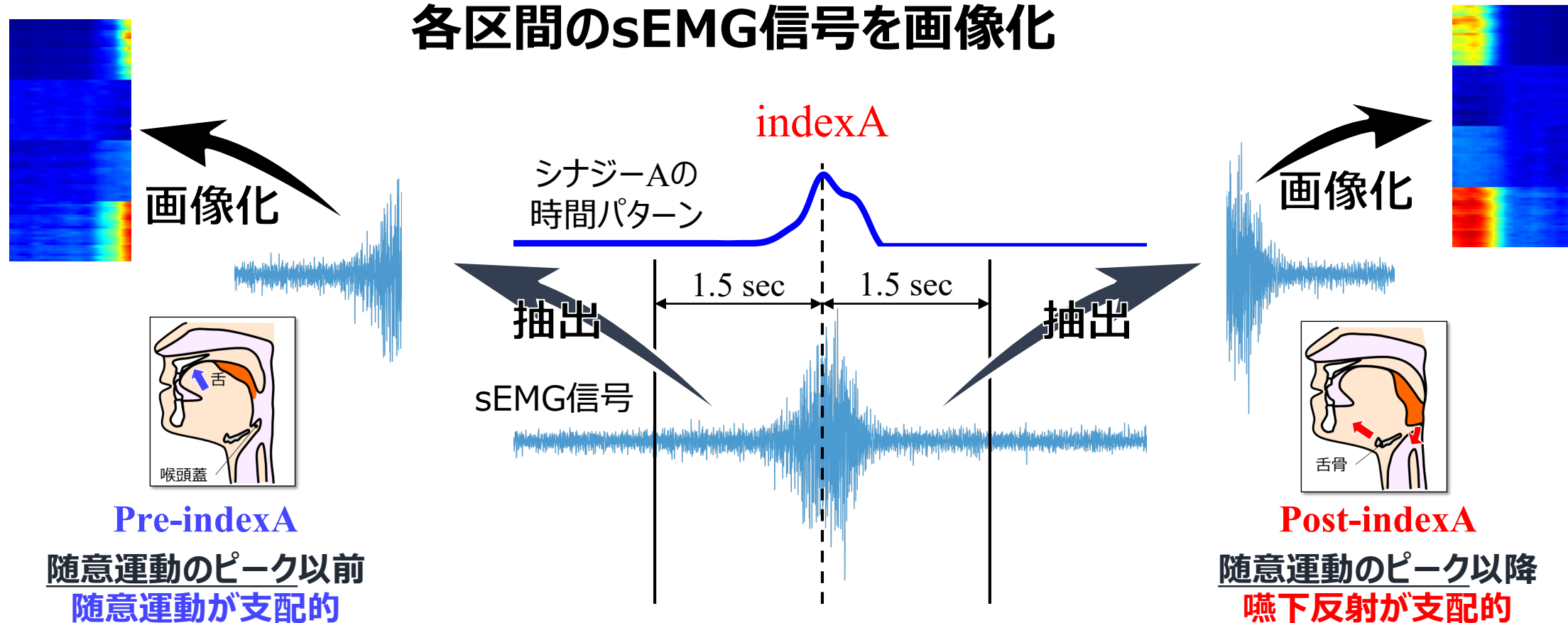
筋疲労評価の新技術

Step 2 : 筋シナジの時間パターンを用いて, 筋疲労評価を行う区間を設定 (これ以降は, 随意運動が主たる成分となるタイミングindexAを用いて解析例を示す)



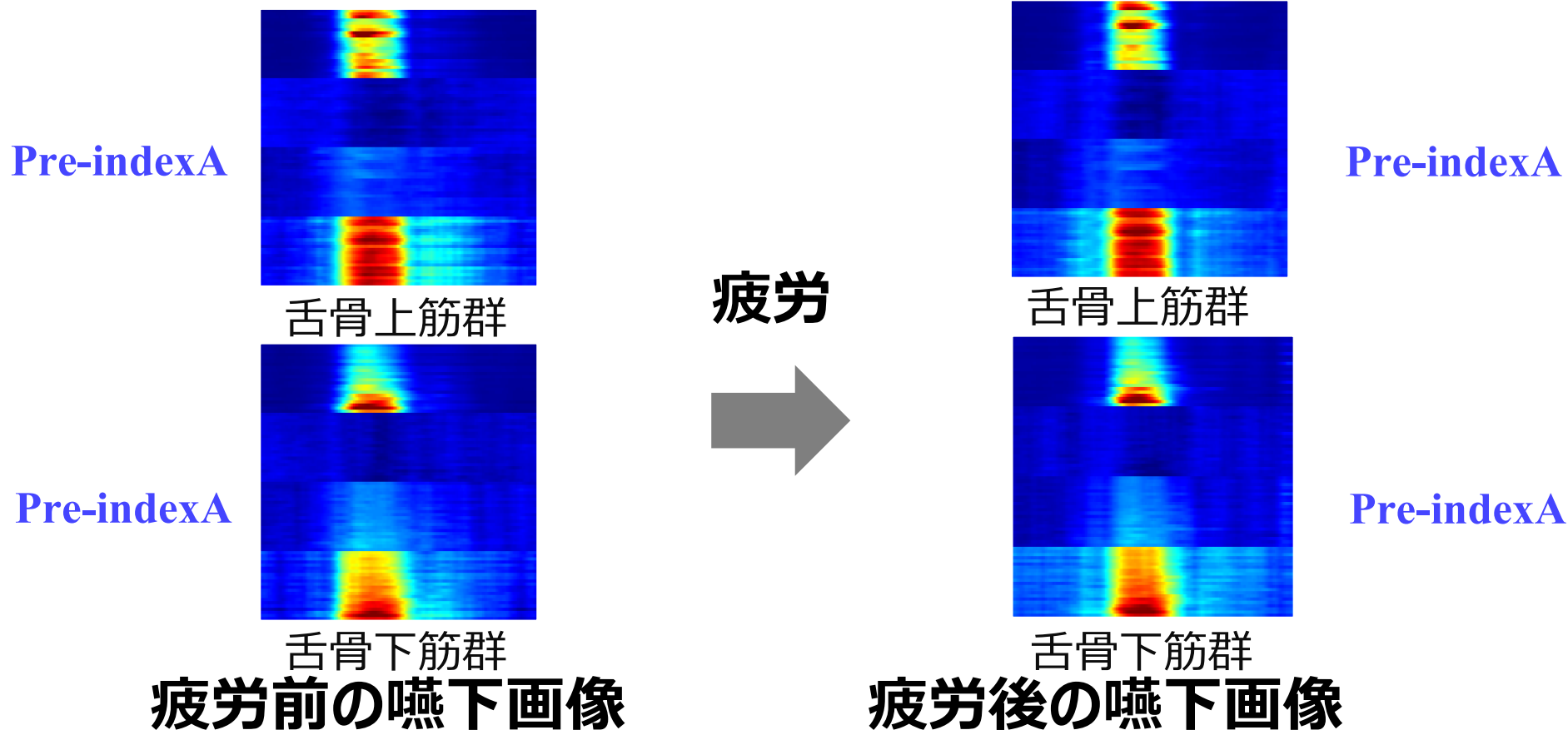
筋疲労評価の新技術

Step 3 : sEMG信号をindexAを基準に分割し、
各区間のsEMG信号を画像化



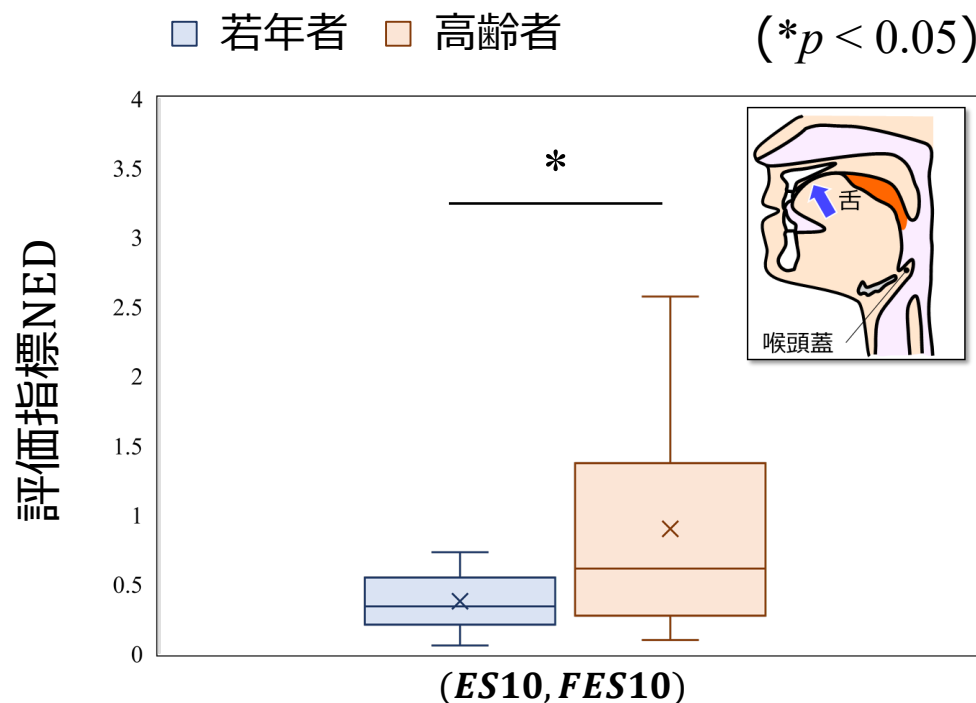
筋疲労評価の新技術

Step 4 : 画像をミラーリングコピーし, 同一サイズの画像作成



筋疲労評価の新技術

Step 5 : 画像類似度評価により, 筋疲労の加齢変化を検出



疲労タスクに, 舌圧維持タスク (最大舌圧の 60% の負荷を30秒間維持) した場合の筋疲労検出の例

新技術の特徴・従来技術との比較

- 従来技術では困難であった瞬時的かつ複雑な運動時の筋疲労検出が可能となった
(特願2023-135155)
- 筋シナジー解析により、嚥下時sEMG信号から、随意運動と嚥下反射の筋活動を分離できるようになった (特開2021-142087)
- 画像類似度評価により、嚥下条件によって異なるわずかな筋活動の変化を検出できるようになった (特許第7428383号)

想定される用途

- 高齢者や嚥下障害者を対象とした嚥下機能評価システム
- 介護現場等での食事中の窒息・誤嚥リスク評価システム
- 個々人の疲労特性に基づく食形態，食事量，食事時間の判定システム
- 疲労特性を考慮した食品開発とその評価

実用化における課題

- 嚥下障害者を対象とした筋疲労データの収集とその解析
- 嚥下関連筋以外での筋疲労検出精度の検証
- 等尺性随意収縮のような静的動作に対する筋疲労検出精度の検証
- 本アルゴリズムを実装した筋疲労評価システムの実現

企業への期待

- スポーツ分野やリハビリテーション分野におけるトレーニング機器を開発中の企業には、訓練効果を定量評価しうる本技術が有効と考えられる。
- 特に、口腔関連の訓練機器や、嚥下困難者用食品等を開発中の企業には、嚥下機能ならびに筋疲労特性を評価しうる本技術との親和性が高く、共同研究を希望したい。

本技術に関する知的財産権

- 発明の名称：運動解析システム
 - 出願番号：特願2023-135155
 - 出願人：岩手大学
 - 発明者：佐々木誠, 横浜裕太
-
- 発明の名称：摂食嚥下機能評価方法及び摂食嚥下機能評価システム
 - 出願番号：特開2021-142087
 - 出願人：岩手大学
 - 発明者：佐々木誠, 村上 千晃
-
- 発明の名称：嚥下パターン画像の類似度を用いた嚥下機能評価方法及びそのシステム
 - 出願番号：特許第7428383号
 - 出願人：岩手大学
 - 発明者：佐々木誠, 鈴木雅大

産学連携の経歴

- 令和3年度JST A-STEPトライアウト
- 令和3年度公益財団法人JKA機械振興補助事業開発研究
- 令和4年度JST A-STEPトライアウト
- 令和4年度岩手県 産学官連携による科学・情報技術活用DX推進事業
- 令和5年度JRA 日本中央競馬会畜産振興事業

お問い合わせ先

岩手大学
研究支援・産学連携センター
知的財産ユニット

T E L 019-621-6689
e-mail iptt@iwate-u.ac.jp