



# 身体の知覚と視覚・聴覚・触覚



北川 智利

NTTコミュニケーション科学基礎研究所



# はじめに

---

- 身体の知覚：  
日常の行動に本質的なもの
- 外界と適切に関わり行動する
  - 身体がどこにあるのか？
  - どれだけの空間を占めているのか？
  - どんな姿勢をとっているのか？
- 自己意識の基本的な側面
  - 自分とは何か

# 身体知覚

---

- 直感的には
    - 体性感覚(触覚・自己受容感覚など)によって
  - 複数の感覚によって
    - 視覚: 身体を見る, 身体に触れるものを見る
    - 聴覚: 自分の動きによって生じる音, 身体に触れる物体の音
  - 身体知覚: 視覚・聴覚・体性感覚の相互作用・統合を通して
-

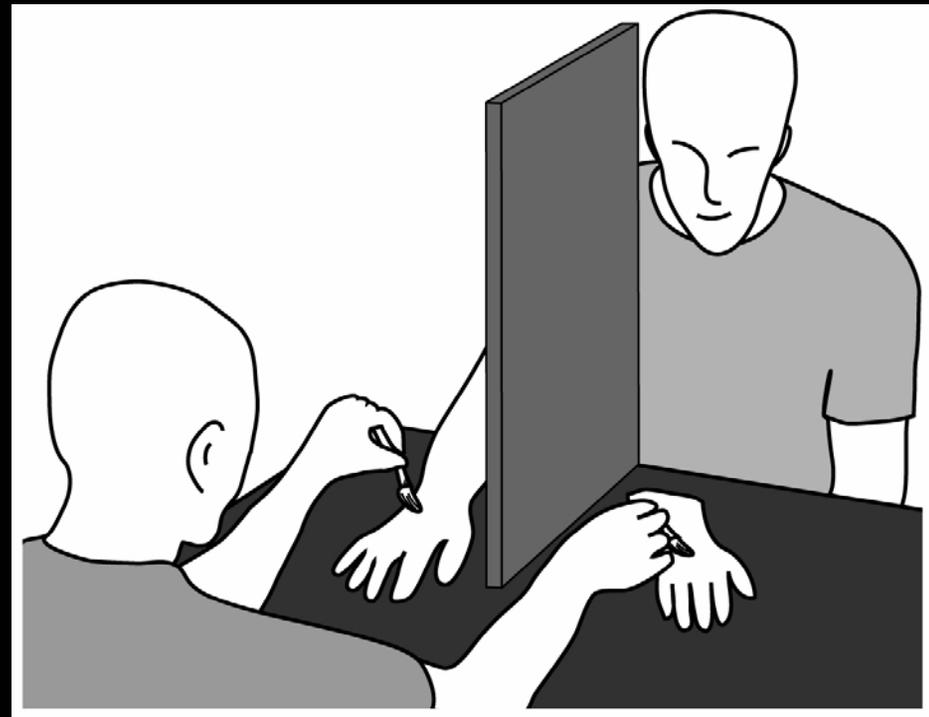
# 視覚情報と身体知覚

- 逆さめがね

- ゴム製義手錯覚

Botvinick & Cohen (1998)

- 見えない時分の手とゴムの手を同期させてたたく
- ゴムの手に触覚を感じる
- ゴムの手が自身の身体の一部



# ゴム製義手錯覚

---

- 純粹な知覚過程 (Ehrsson et al., 2004)
    - ゴム義手の代わりに机でも同じ結果
    - 感覚入力 of 統計的な相関に基づいて身体表象が更新
  - 高次の処理も必要 (Pavani et al., 2000; Tsakiris & Haggard, 2005)
    - ゴム義手を自分の手と直角に置くと錯覚が生じない
    - ゴム義手と自分の手の左右が一致しないと生じない
  - 感覚間の相互作用を通じた身体知覚：  
ボトムアップとトップダウンの相互作用
-

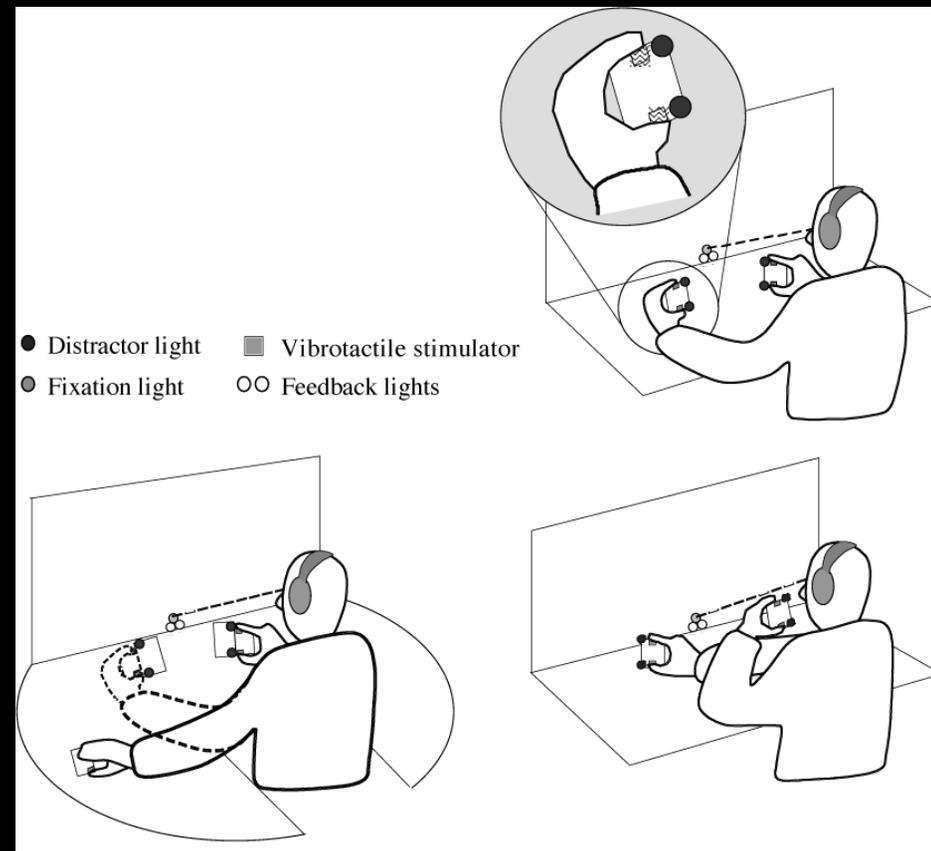
# Peripersonal Spaceにおける 視覚と触覚の相互作用

---

- 心理物理, 神経心理, 電気生理, 機能的画像法などで検討 (Maravita et al., 2003)
  - 身体の知覚から提示された視覚刺激はそのそばでの触覚に影響を与える
  - 身体から離れるに従って影響は小さくなる
  - 視覚と触覚刺激に反応する bimodal neuron の視覚受容野は身体部位にはりついて移動する
-

# Crossmodal Congruency Task

- 触覚弁別課題
- 妨害光を視覚刺激の近くに提示すると成績が悪化 (Spence et al., 2004)
- Crossmodal Congruency Effect (CCE): 不一致条件と一致条件の差
- CCEは妨害光と触覚ターゲットの距離が近いほど大きい



# 身体知覚に関連する3つの研究

---

- 透明なバリアは視覚と触覚の相互作用に影響するののか(ボトムアップ)
  - 手の線画は視覚と触覚の相互作用に影響するののか(トップダウン)
  - Peripersonal Space において聴覚と触覚の相互作用は存在するののか
-

# 透明なバリアによって視触覚 相互作用は抑制されるのか

---

Kitagawa & Spence (2005),  
*Experimental Brain Research*, **161**, 62-71

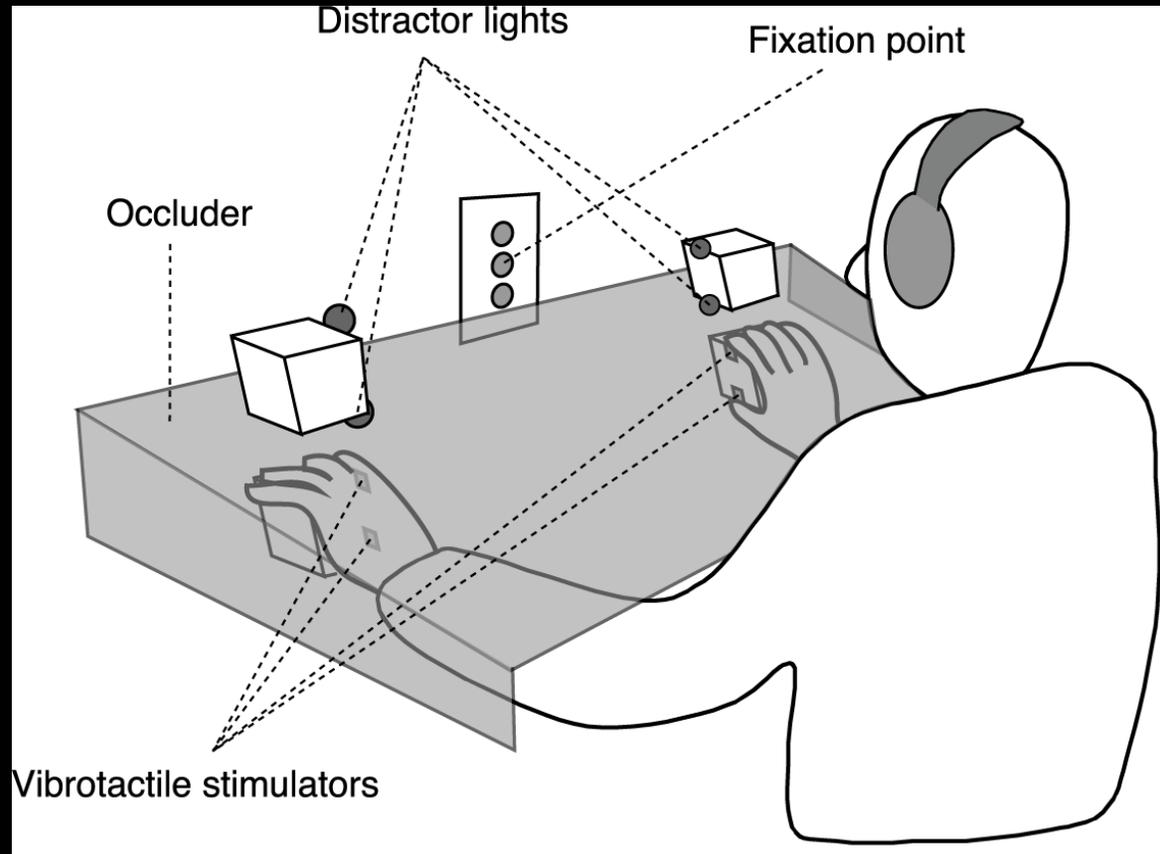
# 透明なバリア

---

- ボトムアップの過程の頑健さ
  - 家の中から窓の外を見る, 車を運転する時にフロントガラスの外を見る
  - ガラス
    - 外側にあって近づいてくる物体と身体を隔てる
    - その物体を見ることは可能
  - 視覚経験と触覚経験の乖離
    - Peripersonal space における両者の相互作用を抑制するのか？
    - 触覚経験を生じさせ得ないと分かっているにもかかわらず相互作用は生じるのか？
-

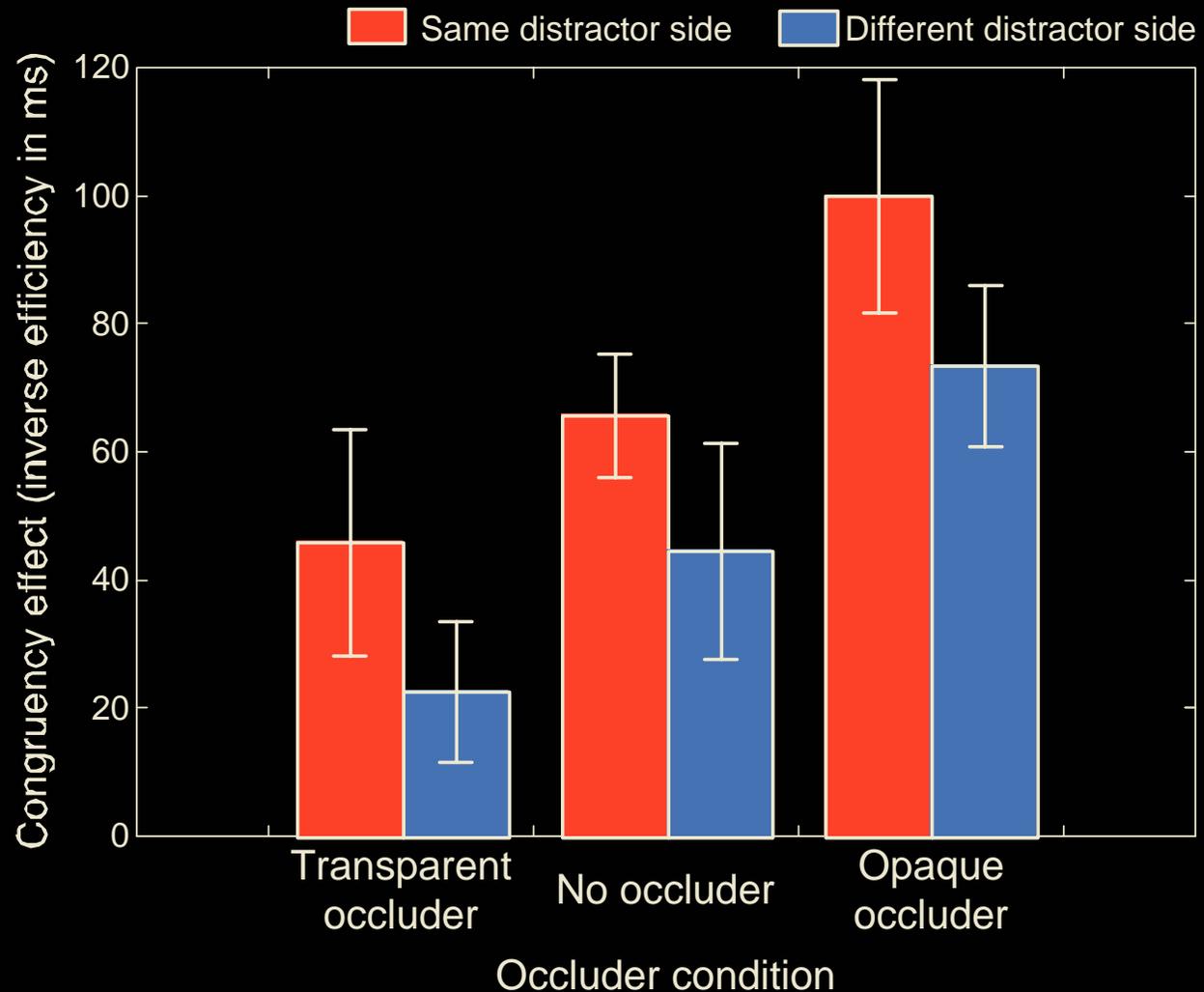
# 実験1

- 上下左右の位置からランダムに触覚ターゲット
- 上下の触覚弁別
- 妨害光も4箇所からランダムに
- 実験条件
  - 透明バリア
  - 不透明バリア
  - バリアなし



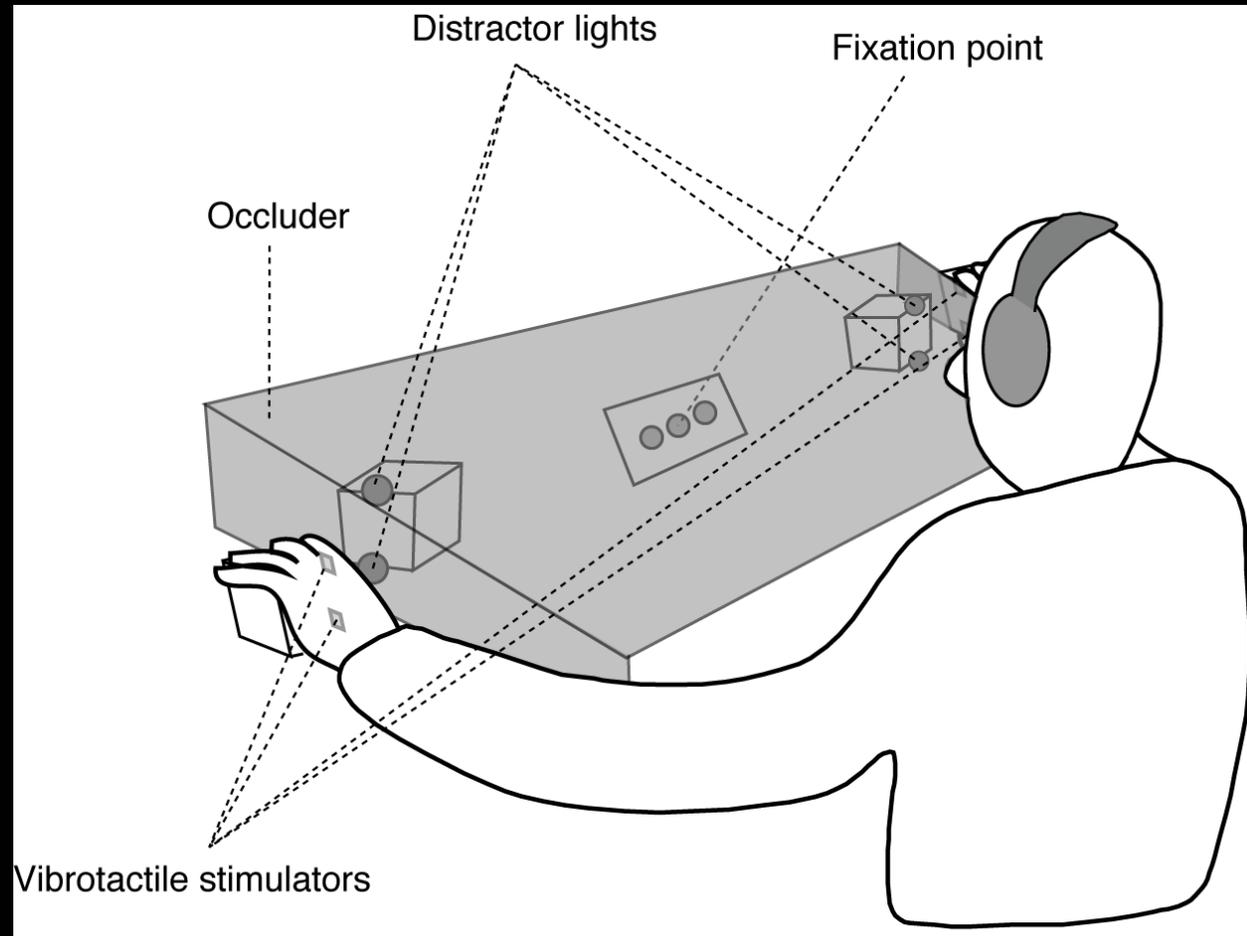
# 結果 (実験1)

- Inverse Efficiency (IE) 得点: RT/正答率
- 透明条件とバリアなし条件でCCEに有意差はなし



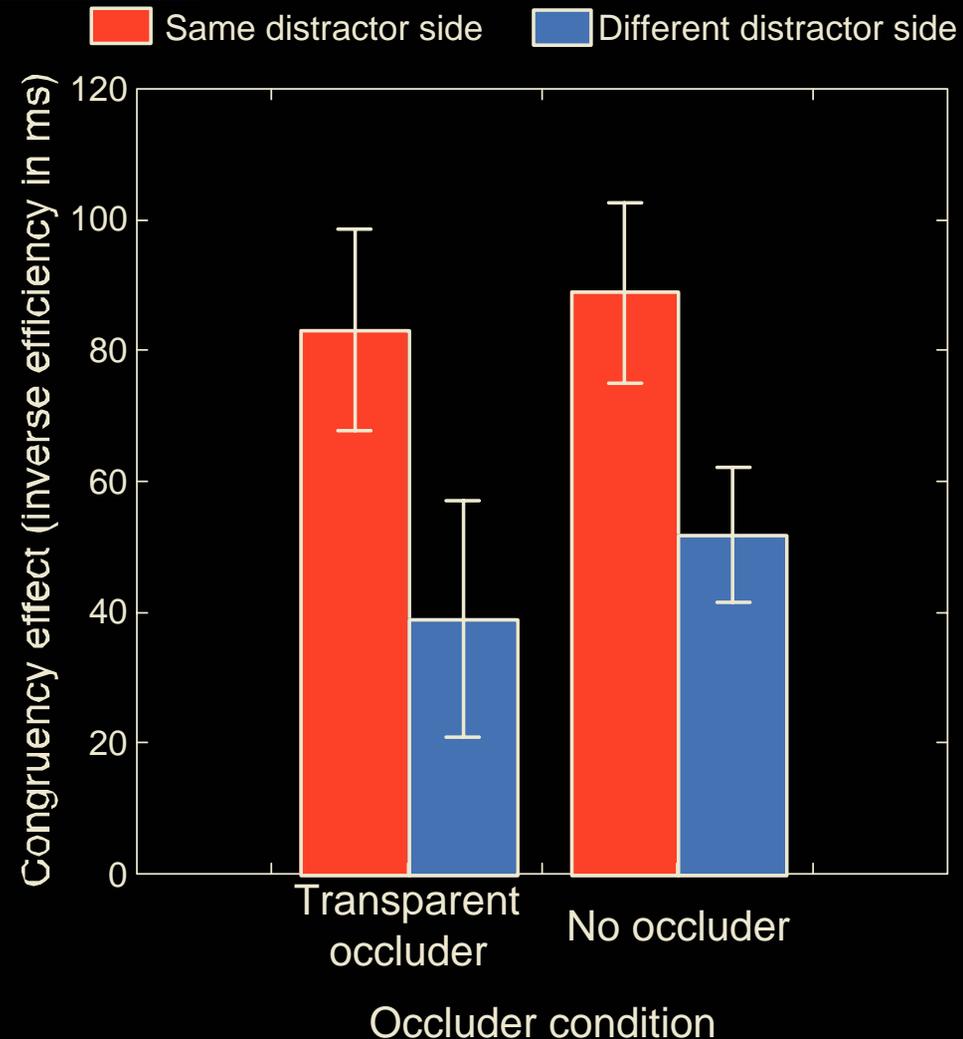
# 実験2

- 触覚刺激と視覚刺激の位置をより近くに
- 実験条件
  - 透明バリア
  - バリアなし



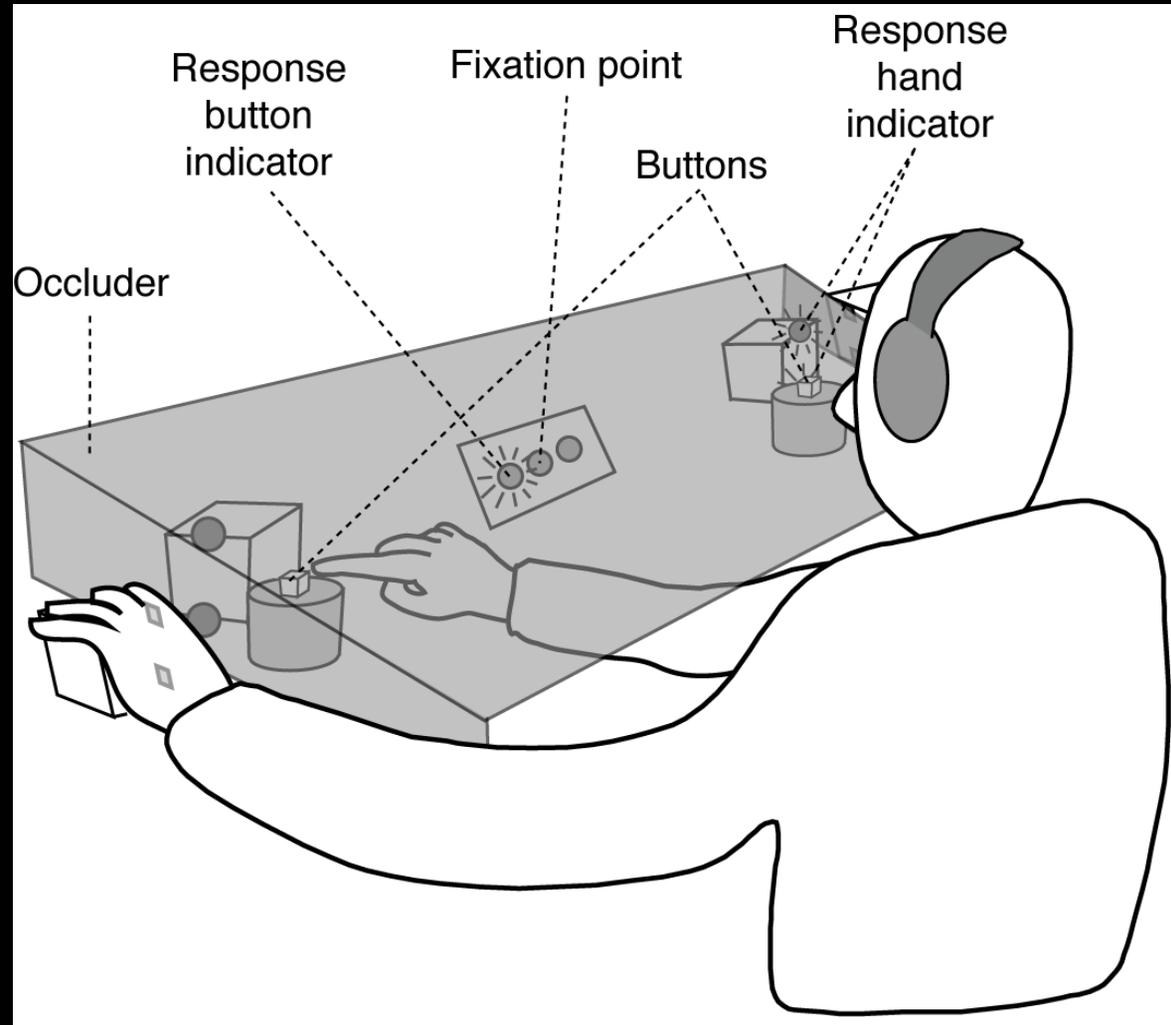
# 結果 (実験2)

- Inverse Efficiency (IE) 得点: RT/正答率
- 透明条件とバリアなし条件でCCEに有意差はなし



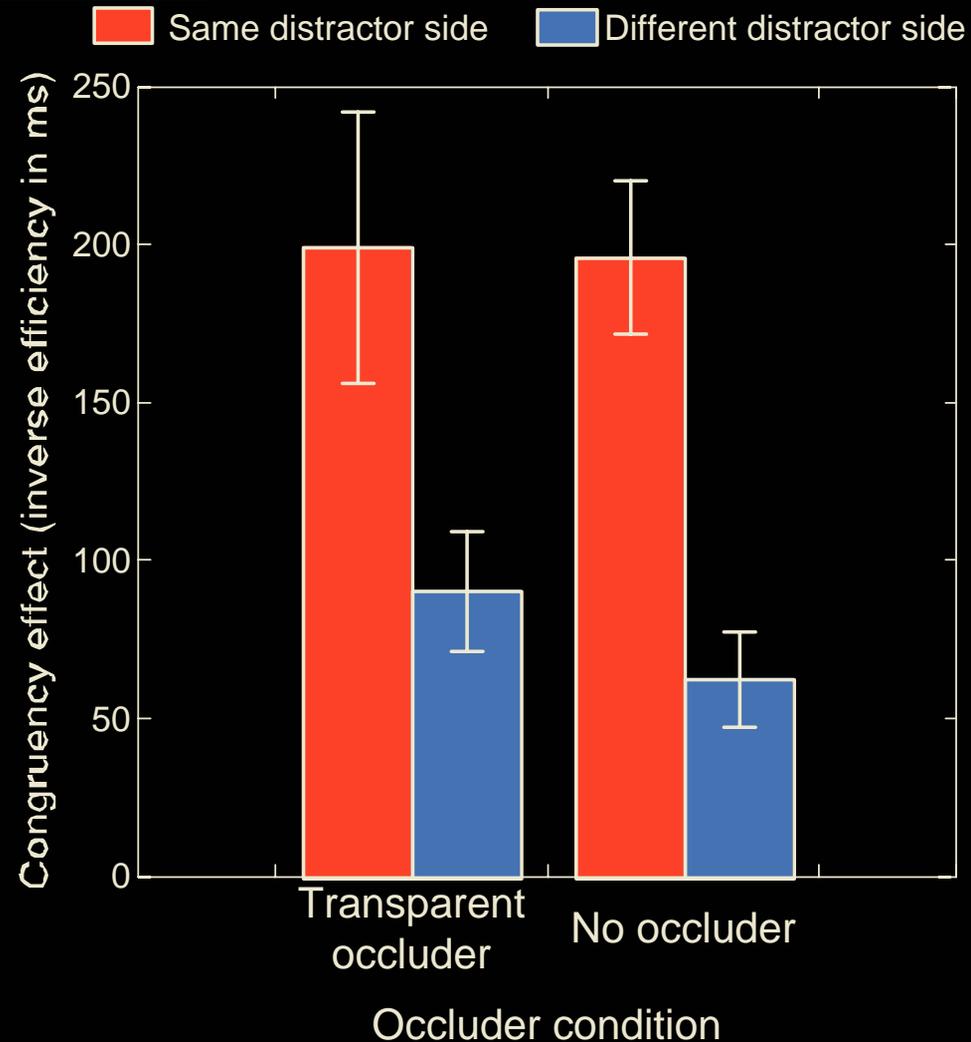
# 実験3

- 経験の影響？
- 課題の合間に  
順応課題
- 妨害光の近くに  
置かれたボ  
タンを押す
- 透明なバリア  
の存在をより  
強く意識



# 結果 (実験3)

- Inverse Efficiency (IE) 得点: RT/正答率
- 透明条件とバリアなし条件でCCEに有意差はなし



# 透明なバリアの効果

---

- 実験4: 視覚と触覚の役割を入れ替え  
再び透明なバリアの効果なし
  - 対象が手に触れないという認識  
相互作用を抑制しない
  - 視覚と触覚の(ボトムアップの)相互作用は自動的
  - 「視覚刺激の接触の予期」のような認知処理によるものではない
-

# 手の線画を見ることが視覚と触覚の相互作用に影響するか

---

Igarashi, Kitagawa & Ichihara (2004)

*Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*

Igarashi, Kitagawa, Spence, Ichihara (2005)

Poster presentation at IMRF 2005

# 身体表象と視触覚の相互作用

- 身体表象のトップダウンの影響
  - ゴムの手 (Pavani et al., 2000)
  - 道具の使用  
(Maravita et al., 2002a; Holmes et al., in press)
  - 鏡映像 (Maravita et al., 2002b)
  - モニタに映った自分の身体部位  
(Tipper et al., 1998; 2001)
  - 影 (Pavani & Castiello, 2004)

# 手の線画を用いた場合には？

---

- テレビゲームやコンピュータのマウス
    - 異なる位置からの視覚情報と触覚情報
    - 視覚情報はディスプレイ上の二次元的な像
    - 位置の食い違いは気にならない
    - 二次元的な像を身体の一部と感じるかも
  - 手の線画が視覚と触覚の相互作用に影響するのかどうかを検討
-

# 手の絵の効果

---

- 手の絵が視覚と触覚の相互作用に影響
    - 手の絵の指先と指の付け根が自身の手に対応する
  - 手の絵が身体表象の形成 / 維持に影響
  - どの程度身体部位に似ていればいいのか
  - より抽象的な図形でも、それを操作した後は、身体の一部のように相互作用に影響するかもしれない
  - 他者の手ではどうなのか？ (共感との関連)
-



# 聴覚は身体知覚に 貢献しているのか

---

Kitagawa & Igarashi (in press)  
*The Japanese Journal of Psychonomic Science*

Kitagawa, Zampini & Spence (in press)  
*Experimental Brain Research*



# 身体知覚と聴覚

---

- 身体に何かに触れた時には音が生じる
    - その事象の位置の手がかり
    - 身体部位の位置の手がかり
  - 視覚-触覚と比べて極めて少ない研究
  - Peripersonal spaceで生じる相互作用
    - 神経生理学的な研究 (Grazziano, et al., 1999)
    - 神経心理学的な研究 (Farnè & Làdavas, 2002)
    - 健常者を対象とした検討はされていない
-

# 実験1



# 方法

- 被験者: 50名
- 提示距離: Near, Far
- 提示条件: AV, A, V
- 提示音レベル: 54 dB(A)
- 5条件

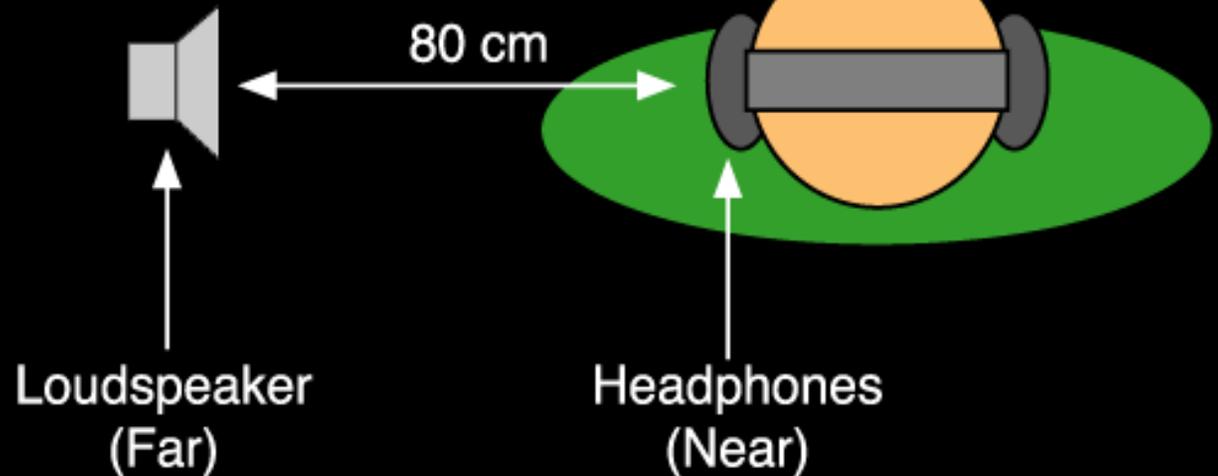
AV Near

A Near

AV Far

A Far

V



# 手続き

---

- 5条件に10名ずつを割り当て
- 観察の後に以下の文章について「全くあてはまらない」から「完全にあてはまる」までの7段階で評定
- Q4はA条件ではなし

Q1. 自分の耳にくすぐったさを感じた

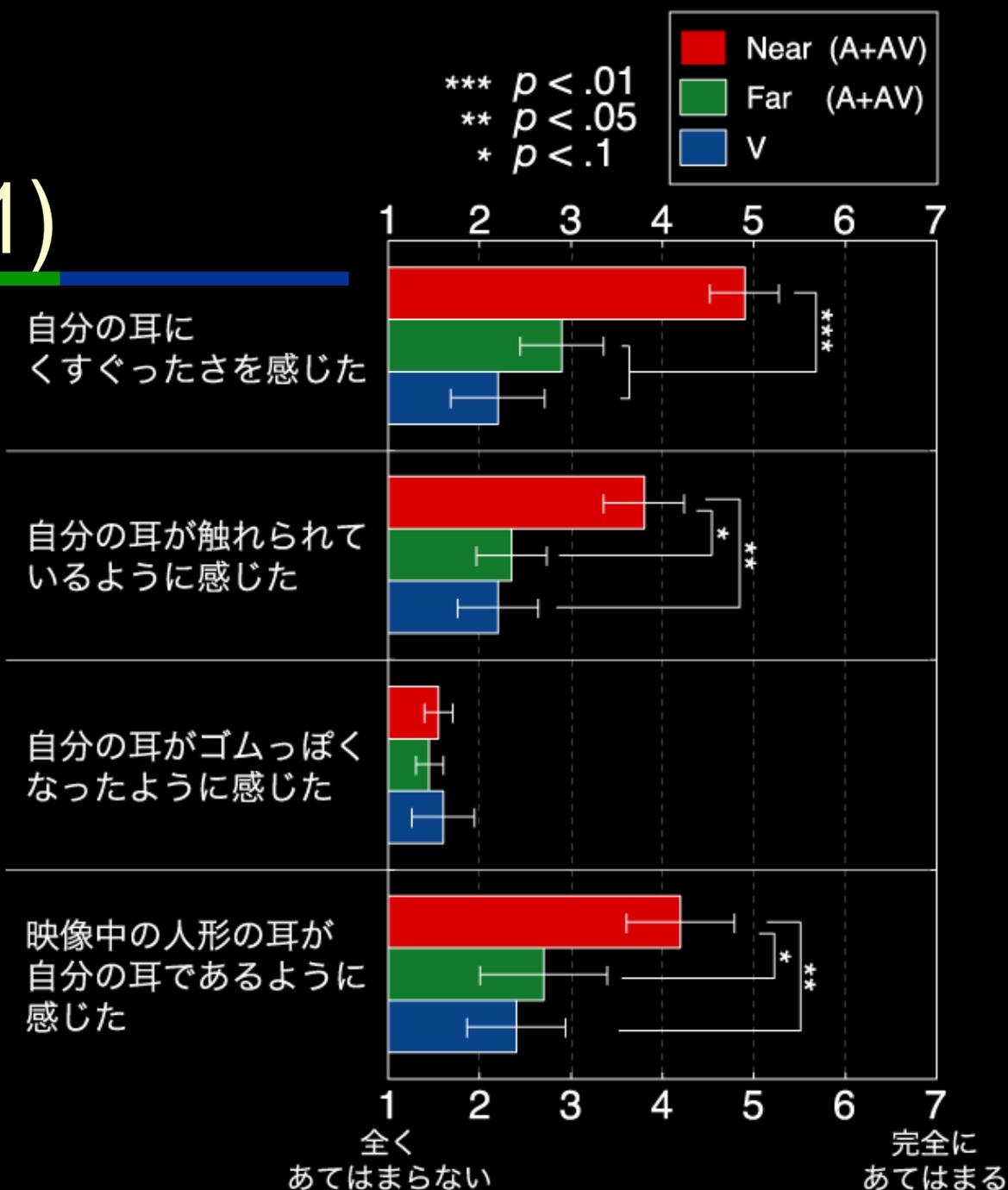
Q2. 自分の耳が触れられているように感じた

Q3. 自分の耳がゴムっぽくなったように感じた

Q4. 映像中の人形の耳が自分の耳であるように感じた

# 結果 (実験1)

- 映像を見る効果はなし
  - V条件の評定値は常に低い
  - A条件とAV条件間に有意差なし
- A条件とAV条件を合わせて解析



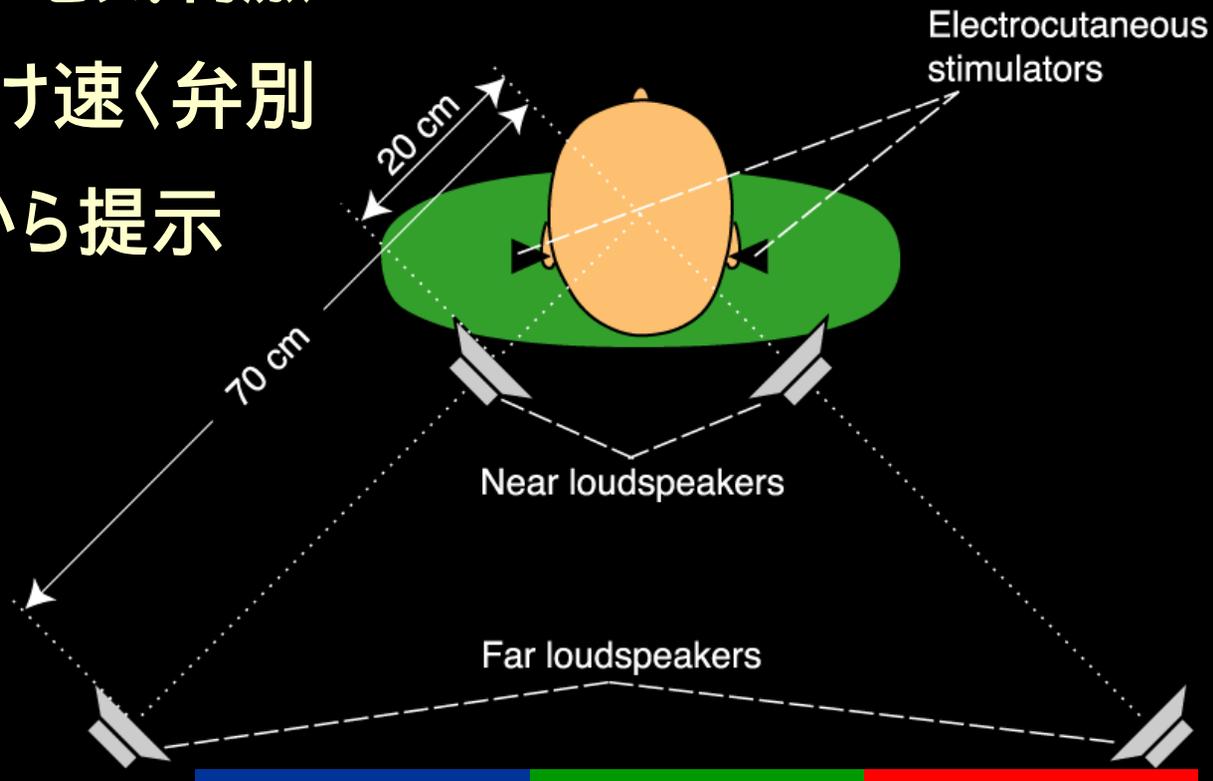
# 考察 (実験1)

---

- くすぐられている音が近くから提示されるとくすぐったさを感じる
  - 一方の感覚モダリティの刺激で、別の感覚が生じる (共感的)
  - 映像の効果はなし
  - 音が何の音なのかを知らなくても生じる  
イメージの影響ではない
  - 個人差
-

# 実験2

- 触覚弁別課題に妨害音は影響するか
- 左右の耳たぶに電気刺激
- 左右をできるだけ速く弁別
- 妨害音を左右から提示
- 提示距離：  
Near, Far
- 音の種類  
Noise, Tone



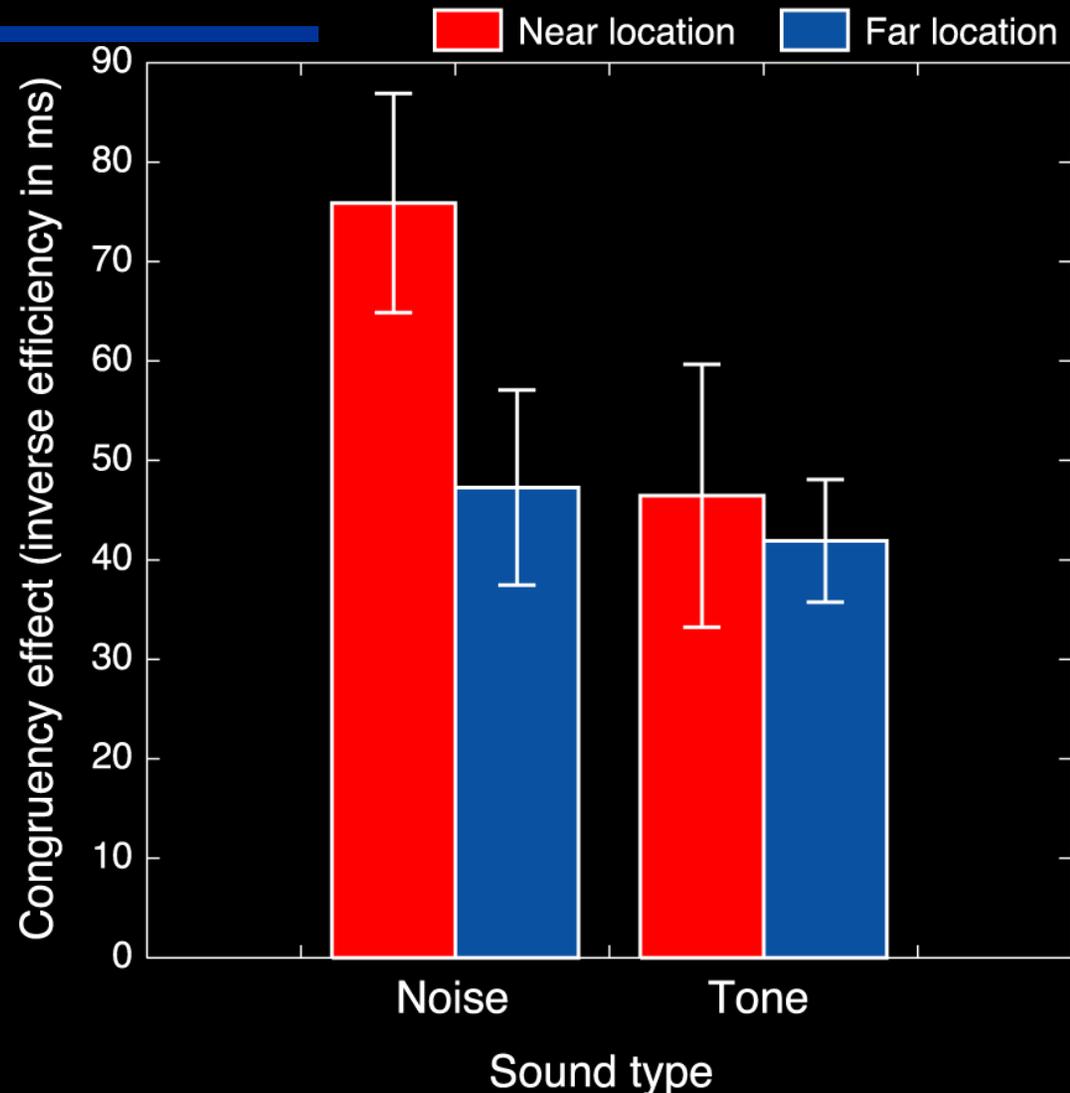
# 手続き

---

- 触覚ターゲット, 妨害音をランダムに提示
  - できるだけ速く, できるだけ正確に触覚弁別
  - 妨害音はできるだけ無視する
  - 妨害音の提示レベル: 70 dB (A)
  - Inverse Efficiency (IE) 得点:  
RTの中央値 / 正答率
  - Crossmodal Congruency Effect (CCE)
-

# 結果 (実験2)

- 全ての条件で触覚ターゲットと妨害音の提示位置が一致しない時に成績が悪化
- CCEは白色雑音が近くから提示された時に大きい



# 考察 (実験2)

---

- 4条件で妨害音の定位成績が異なるかどうかを検討  
同じ
  - 少なくとも今回の条件では妨害音の定位は全ての条件で容易
  - 聴覚と触覚の相互作用は頭部の近くから提示された複雑な音に対して生じる
-

# 実験3

---

- 反応の次元(左/右)と妨害音の次元(左/右)が同じ
    - 単なるプライミング効果ではないのか？
  - 反応と妨害音の次元が直交する課題
    - 時間順序判断課題を用いた検討
-

# 異なる感覚間での時間順序判断

---

- クロスモーダル時間順序判断 (TOJ):
    - 異なる感覚の2つの刺激を提示
    - 「どちらのモダリティが先だったか」
  - 2つの刺激が同じ位置から提示されると、より不正確
    - 視覚と触覚 (Spence et al., 2003)
    - 視覚と聴覚 (Zampini et al., 2003a; 2003b)
  - 同じ位置から提示された異なる感覚の2刺激はより広い時間窓で結び付けられる
-

# 仮説

---

- 聴覚と触覚の間のTOJでは、提示位置の効果はないとの報告 (Zampini et al., in press)
  - 聴覚と触覚の間のTOJを検討した研究
    - 刺激を被験者の前方の空間に提示
    - 提示位置は手
  - 聴覚と触覚の相互作用が頭部後方の空間で顕著ならば
  - この空間でのTOJ課題：  
提示位置の一致 / 不一致の効果が出るかも
-

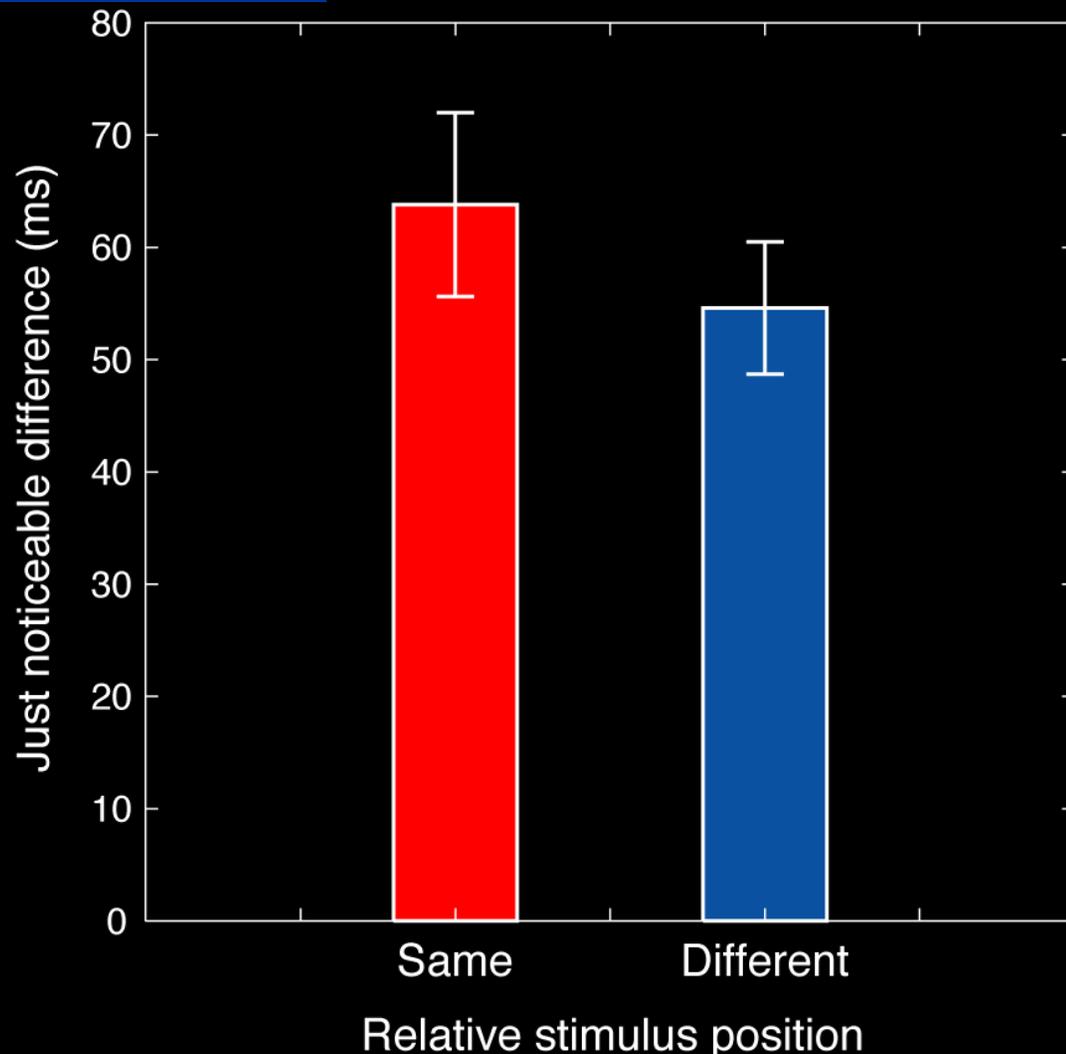
# 方法

---

- 実験2と同じ装置
  - 聴覚刺激は白色雑音のみ
  - 提示位置はNear条件のみ
  - 聴覚刺激と触覚刺激をSOA (-200 ms ~ +200 ms)で提示し「どちらのモダリティが先だったか」
  - 提示位置がモダリティ間で一致 / 不一致
-

# 結果 (実験3)

- 時間順序の丁度  
可知差異 (JND)
- 提示位置の一致  
JNDが大きい
- 先行研究の結果  
と異なる
- 頭部近傍の空間  
で選択的に生じる  
聴覚と触覚の相  
互作用



# 考察

---

- 視覚と同じように、聴覚でもperipersonal space (あるいはperi-head space) が存在
  - 身体近傍から提示される複雑な音に対して聴覚と触覚の相互作用が生じる
  - 生態学的な妥当性
    - 実環境では正弦波のような音は存在しない
    - 視覚的な手がかりが得られない後方の空間
  - 音によって触覚経験が生じる (黒板を爪で引っ掻く)  
聴覚と触覚の強いリンク
-

# 身体の知覚と視覚・聴覚・触覚

---

- 身体表象は視覚・聴覚・体性感覚の相互作用の上に成り立つ
  - (ボトムアップの)感覚間の相互作用は自動的に生じる：必要条件
  - 身体知覚は身体と関連のある視覚刺激に影響を受ける (トップダウンの処理)
  - 聴覚情報も身体知覚に貢献している
    - 身体の前方の空間：視覚が重要な役割
    - 後方の空間：聴覚がより重要?
  - amodalな身体表象の存在?
-

# Thanks to



五十嵐 由夏

東京都立大学, 人文科学研究科

**Dr. Charles Spence**

Department of Experimental Psychology

University of Oxford

**Dr. Massimiliano Zampini**

Department of Cognitive Sciences and Education

University of Trento

