

## 脳の不思議： 柔らかな脳と適応する心

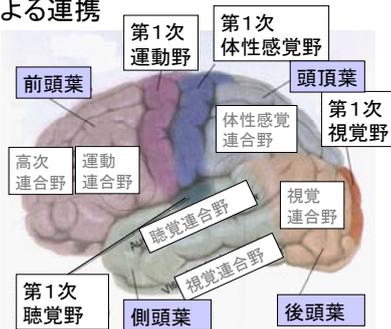
熊本大学文学部  
認知心理学分野  
積山 薫

## 認知心理学の立場

- 心のはたらきのハードウェアとして脳のシステムを考える
- 脳機能(脳機能計測データ)と心のはたらき(行動データ)の両面から考える
- 心理学者のなかには、脳機能計測データ不要論もある

## 脳の仕事

- 部位局在
- 回路網による連携



## 経験を刻む脳

脳の柔軟性

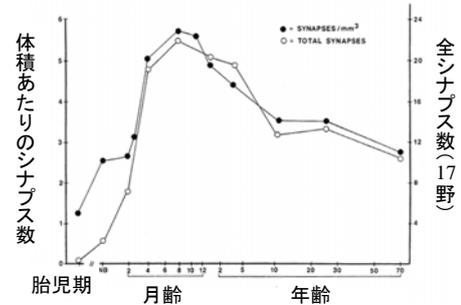


<個人の経験に基づくユニークな脳の配線>  
= 認知過程の個性化

## 脳の柔軟性は適応のため

- よく使う配線は強化され、使用しない配線は削除される(シナプス刈り込み)
- 自分の住む環境に適した配線が形成される
- 生後1年間に特に柔軟性が大きい
- このような経験による回路形成は、高等な動物に特有

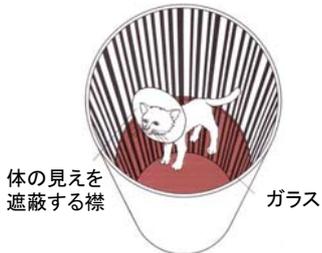
## 視覚野でのシナプス刈り込み



10ヶ月ごろから始まる (Huttenlocherら, 1987)

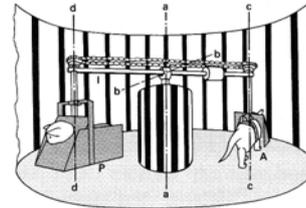
### Blakemore & Cooper (1973)

- 子ネコを縦縞のみの視覚環境で育てた
- 視覚野の「線分の傾き検出機構」のうち、横縞対応分が形成されなかった



### Held & Hein (1963)

- 子ネコに視覚経験を与える際、自発的運動が伴わない群を作った
- 自発的運動不可群は、視覚行動が正常に発達しなかった



### 幼少期のシナプス刈り込み

- 永続的な影響
- 不可逆的な場合が多い
- 幼少期に適切な刺激を与える必要

### 脳の柔軟性は幼少期のみ？

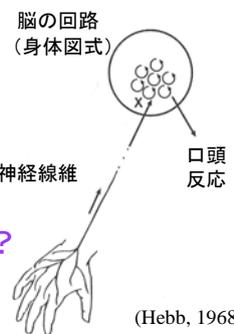
- 大人になると、配線の変更はないと考えられていた
- 最近、体性感覚野で変更例が報告された  
→幻肢

### Part 1 感覚入力と脳の可塑性

- 四肢切断による身体マップの変容
- 人工内耳への脳の再学習

### 幻肢

失った腕や脚が存在する  
かのような体性感覚の錯覚

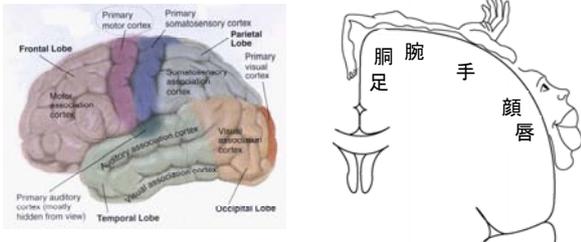


(Hebb, 1968)

## Penfield の脳地図

Penfield & Rasmussen, 1957

400例にもおよぶてんかん患者を意識のある状態で調べた  
運動野および体性感覚野における体部位局在 (ホマンクルス)



体性感覚野の手エリアは、幻肢をひきおこす身体図式の座？

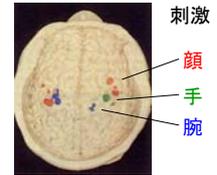
## 幻肢に関する最近の発見

入力刺激喪失で S1 の長期的再編 (成人脳)

(Ramachandran, Hirstein, 1998)



- ・顔や上腕を触ると幻肢にも感触
- ・脳磁図データによる裏づけ



手エリアが近隣の顔や腕に侵入される

## 感覚入力喪失の影響

体性感覚野(S1の身体マップ)

成人でも短期間に再編が生じるらしい

(Ramachandran, Hirstein, 1998)

視覚野や聴覚野はどうか？

視覚野(V1): 思春期以前の失明なら、  
体性感覚処理に使われるようになる

(Sadato et al., 1996, 2002)

聴覚野(A2): 言語獲得前失聴なら、  
視覚言語(手話)処理に使われるようになる

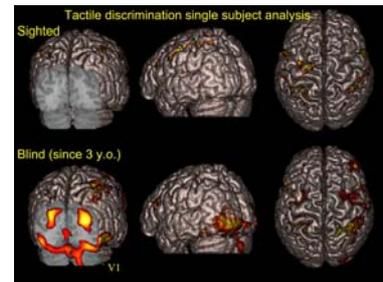
(Nishimura et al., 1999; Sadato et al., 2005)

## 盲人の視覚野における体性感覚処理

- ・ 晴眼者ではみられない触覚弁別時の活動

(Sadato et al., 1996, 2002)

晴眼者



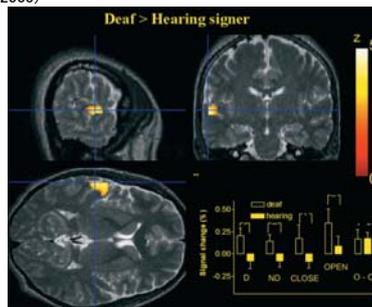
盲人

## 聾者の聴覚野における視覚(手話)処理

- ・ 健聴者にはない聴覚野(A2)での大きな活動

(Sadato et al., 2005)

言語獲得  
前失聴者  
と健聴者  
の差



## 感覚入力喪失の影響

体性感覚野

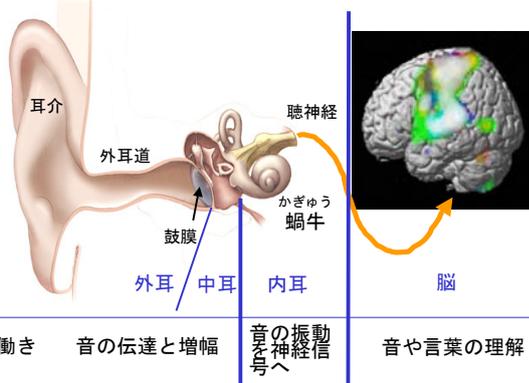
成人でも短期間に再編

視覚野や聴覚野

思春期以前の失明  
言語獲得前失聴

} 制約

## 聴力回復(人工内耳)と脳の柔軟性

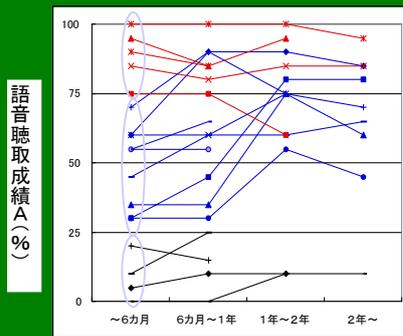


## 聴力回復と脳の柔軟性

- 人工内耳手術の普及
- 手術により感覚入力に変化
- 脳は、粗い感覚入力から必要な情報を抽出するための学習(数ヶ月～数年)が必要
- 学習の過程で、脳にどのような変化が?
- 言語獲得前失聴と獲得後失聴では対応に大きな違い

最近急速に人工内耳装用者に関する研究が増えており、本学でも着手

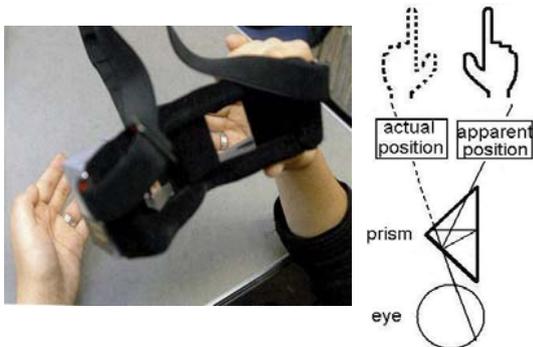
## 人工内耳手術後の聞き取り成績



福田版または城間・中西版単語聞き取りテストの人工内耳単独聴取成績A(%)

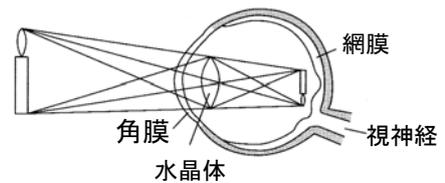
## Part 2 視覚-運動系の可塑性 (逆さメガネへの適応)

## 左右反転メガネで見る世界



## 逆さメガネ実験の背景

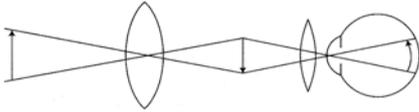
網膜像は上下左右反転しているのに、我々はなぜ正立した視覚世界を認識できるのか？



## ストラットンの問(1897)

正立した視覚世界の認識には  
倒立した網膜像が必要か？

→ 網膜像を正立させた状態で暮らすと？



初めすべての物は倒立して見えたが、数日後から  
正立の印象が出始めた

## 逆さめがねを着用すると

- 位置の恒常性の崩壊
- 自己身体の分裂
- 視覚と触覚の乖離
- 奥行視の変化
- 空間定位の喪失
- 動作の困難



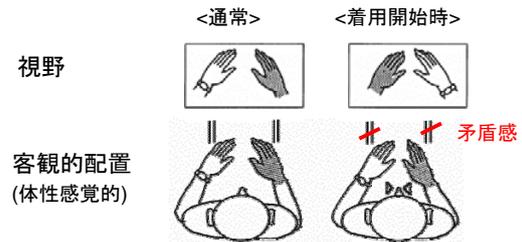
正立視以上に興味深い問題が含まれる

## 左右反転視野への適応過程で 手の身体図式には どのような変化があるか？

Sekiyama et al (2000, Nature)

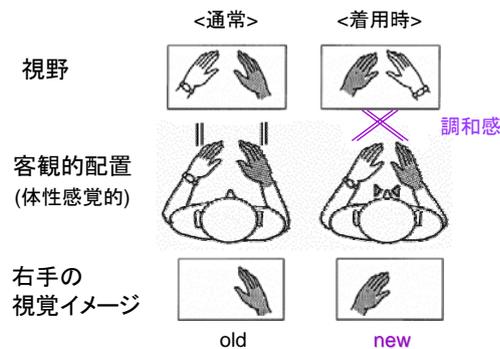
## 左右反転めがね着用開始直後

視野の反転による**矛盾感**



## 順応後

新しい表象の出現



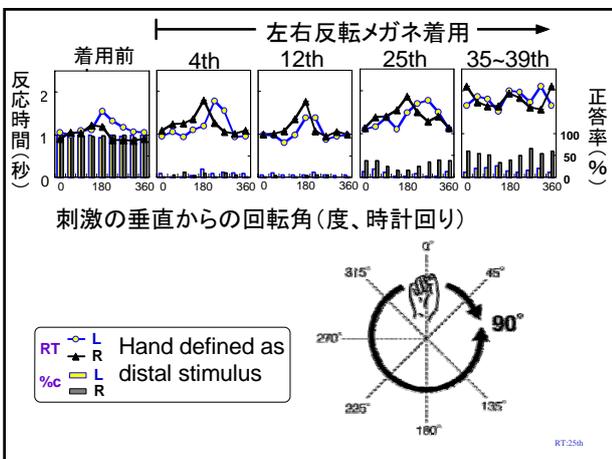
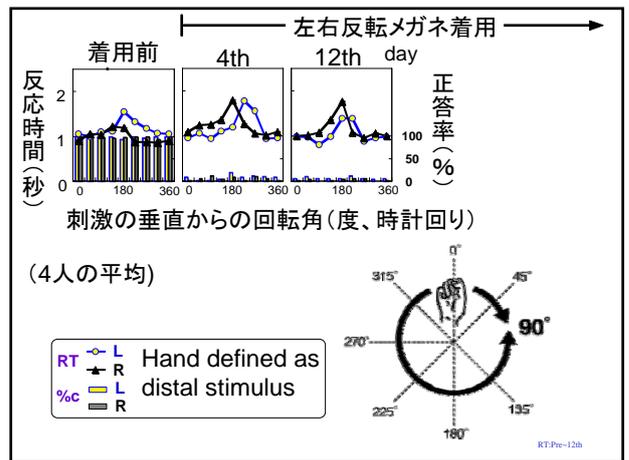
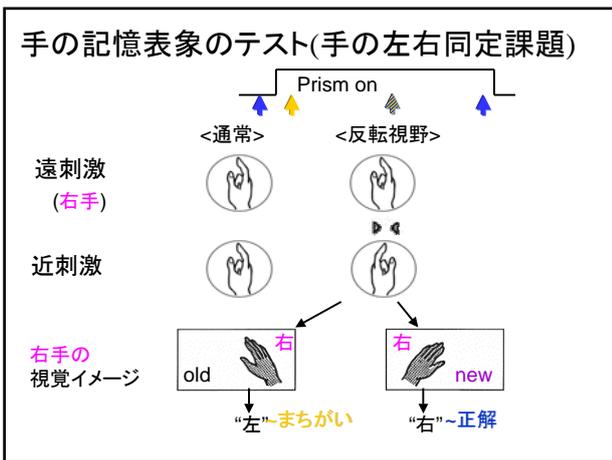
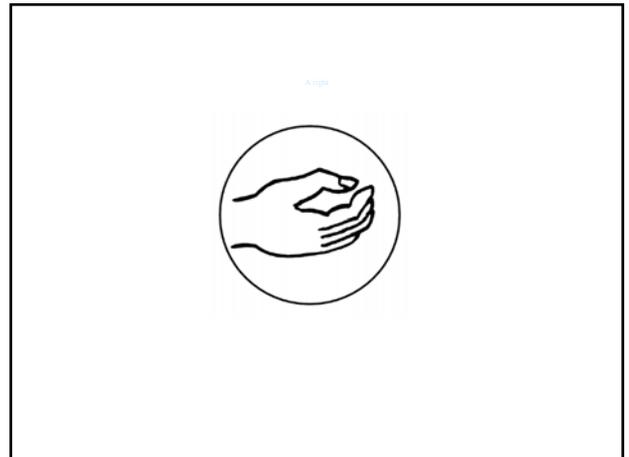
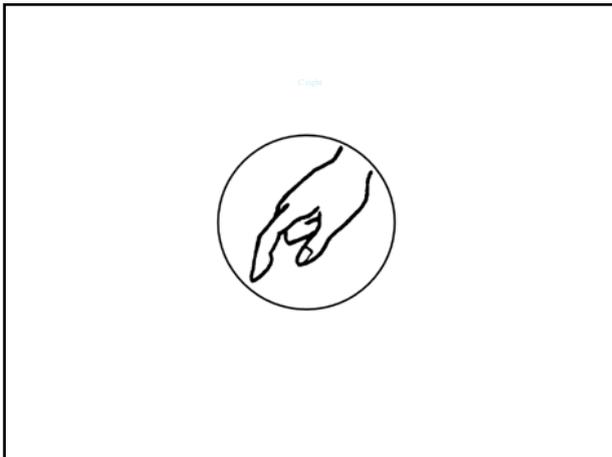
## 手の記憶表象を調べる

一手のメンタルローテーション課題—

左手？

右手？





手の左右同定での正答の出現

着用3週間以降(時間がかかる)

100%正答にはならない

~古い記憶と新しい記憶の併存

手の記憶の「バイリンガル化」

「手が3本あるような印象」

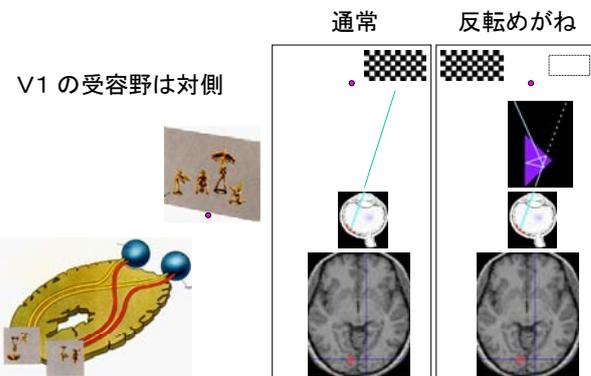
新旧2つの視覚-運動ネットワークが併存?

逆さメガネ除去翌日には何不自由なく運動

## 逆さメガネ実験の続報

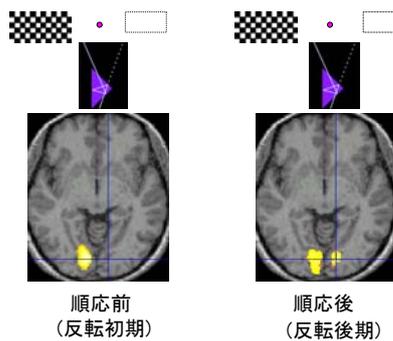
Sekiyama et al (submitted)

### 第1次視覚野の受容野

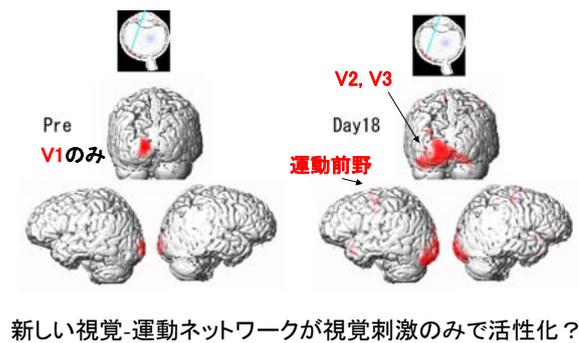


### 視覚野の「バイリンガル化」

(Sugita, 1996からの予測)



### 運動意図に導かれた 視覚野の「バイリンガル化」



### 逆さメガネ実験から

成人脳でも、視覚-運動系には  
大きな可塑性がある

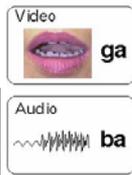
(年齢差はありそう)

### Part 3 言語環境への適応

## 視聴覚音声知覚

### マガーク効果

矛盾した口の動きの映像  
が音声の聞こえを変える



McGurk & MacDonald (1976)



## 視聴覚音声知覚

### マガーク効果

矛盾した口の動きの映像  
が音声の聞こえを変える



McGurk & MacDonald (1976)

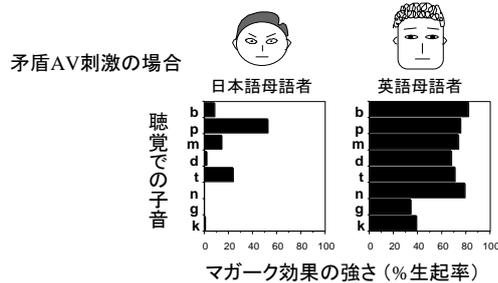


Sekiyama & Tohkura (1991)  
日本人ではこのような強い  
マガーク効果は生じない

## 言語間の差異

日本語母語者では視覚の影響は弱い  
—聴覚刺激が明瞭な場合

(Sekiyama, 1994; Sekiyama & Tohkura, 1991)



## 言語差の原因は？

日本語と比較して、英語は

聴覚による音節同定が難しい

母音の数が多 (約14 vs 5)

子音の対比が多い (/r/-/l/, /b/-/v/, /s/-/θ / 日本語にないもの)

音節の数が多 (実質的に数えられない vs 100)

視覚で伝達できる情報が多い

視覚的に区別できる子音が多い (v, θ, r)

口の動きが大きい

英語への適応として、視覚情報の重みが増す？

## 発達の言語間比較研究

—反応時間実験—

(Sekiyama & Burnham, 2008)

日本人は英語母語者ほど読唇情報を利用しない  
という視聴覚音声知覚の言語差は、何歳ごろから  
生じるのか？

## 方法

被験者	6 yrs	8yos	11yos	Adults
Japanese	16	16	16	24
Aus. English	16	16	16	24



V-only (V): ba, da, ga

A-only (A): Ba, Da, Ga

AV 一致 (AV+): Bb, Dd, Gg

AV 矛盾 (AV-): Bg, Db, Gb

付加ノイズ (300-1.2kHz)

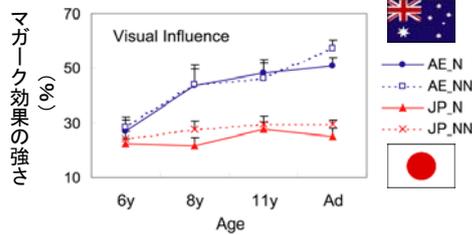
信号対雑音比:

-4 dB, +4 dB, +12 dB, High

課題 知覚した音を3択でボタン押し

### 視聴覚音声知覚における言語差

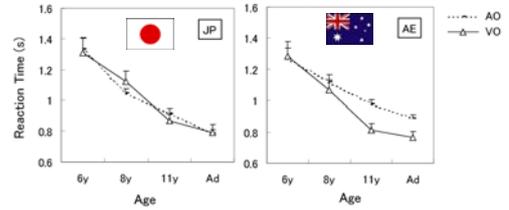
- 日本人ではマガーク効果が弱い
- 言語差は8歳以降に現れる



Sekiyama & Burnham (2008, Dev Sci)

### 反応時間の発達的变化 (AO vs. VO)

AO-VO の言語差は発達的に徐々に現れてくる



<6歳を過ぎると>

→ 英語母語者では VO が AO より相対的に速い  
マガーク効果は視覚プライミング効果？

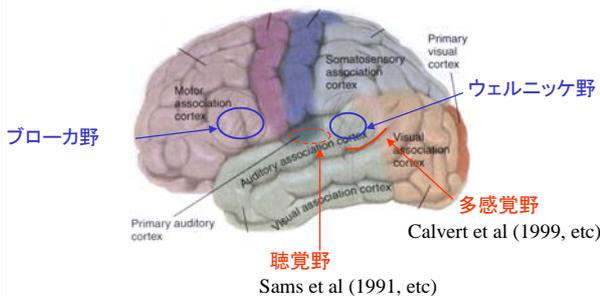
### 脳機能計測への展開

- 日本語母語者と英語母語者では、fMRIで活動がみられる部位も異なるのか？
- 反応時間でみられた処理速度の言語差は、脳波などでみた脳内処理過程でより明瞭に確かめることができるのでは？

### 脳機能を調べる方法

- 侵襲的方法**  
生体にメスを入れる・針を刺すなど の傷を伴う方法(動物の解剖・微小電極法など)
- 非侵襲的方法**  
生体に致命的な害を与えない方法 (PET, fMRI, NIRS, 脳波, 脳磁図など)
- 患者研究**  
脳損傷の患者を調べる方法

### 視聴覚音声統合に関与する可能性のある脳部位

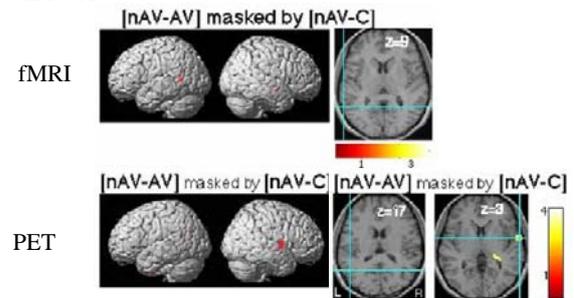


### 日本語母語者のAV統合

左・上側頭溝の多感覚野

(Sekiyama et al., 2003, NSR)

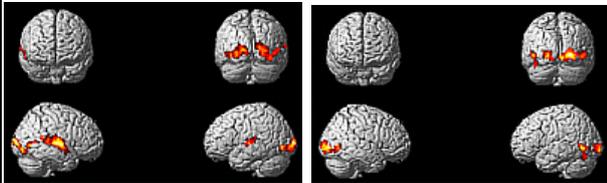
nAV-AV



## fMRIによる日英母語者の比較

AV-AO (英語母語者)

AV-AO (日本語母語者)

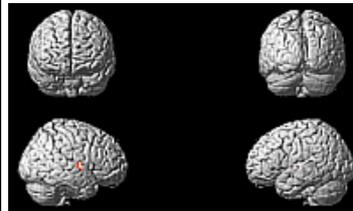


日本人では側頭葉(聴覚野)の活動がない

～英語母語者は聴覚野でAV統合？

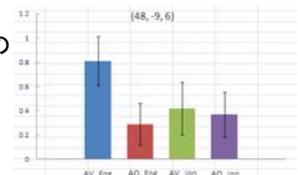
Shinozaki, Sekiyama et al. (2009)

## AV-AO (Eng-Jpn)



$p < 0.001$  uncorrected

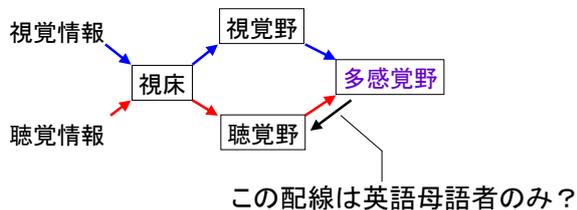
第1次聴覚野が英語母語者のAV統合に関連



Shinozaki, Sekiyama et al. (2009)

## AV統合の言語差

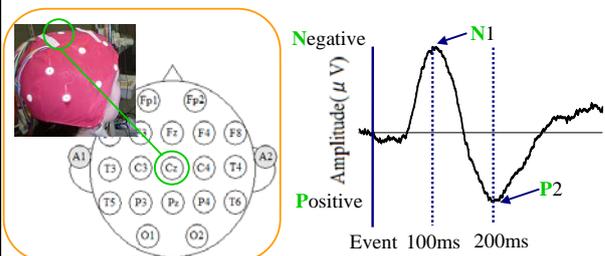
- 日本語母語者は多感覚野のみで
- 英語母語者は、それに加えて聴覚野も関連



## 脳波(ERP)

■ Event Related Potentials (事象関連電位)

刺激や認知的な事象に関連した脳電位の変化

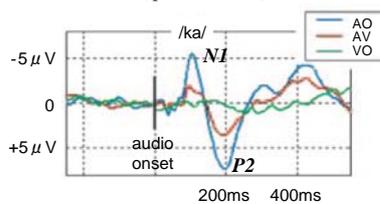


## ERPによる視聴覚音声知覚の先行研究

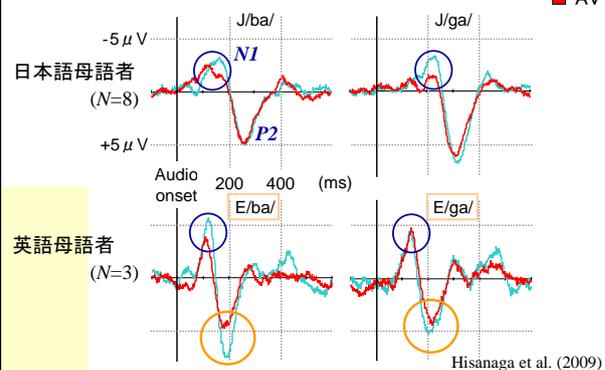
■ van Wassenhove, et al. (2005, PNAS)

対象: 成人英語母語者

課題: 何と聞こえたか? (/pa/, /ta/, /ka/)



## 母語刺激に対するERP波形



## 視聴覚音声知覚実験から

- 活動部位でも、脳波でも、日本語母語者は音声知覚における視覚の影響が英語母語者より小さい
- 言語や文化のような毎日接する環境・経験は、脳のシステムに影響を与える

## まとめ

- 人は、自らの環境に最適な脳の回路を形成し、情報を処理している
- 環境の変化に対する回路の再編規模は、脳の部位や年齢によって異なる

ご清聴ありがとうございました