

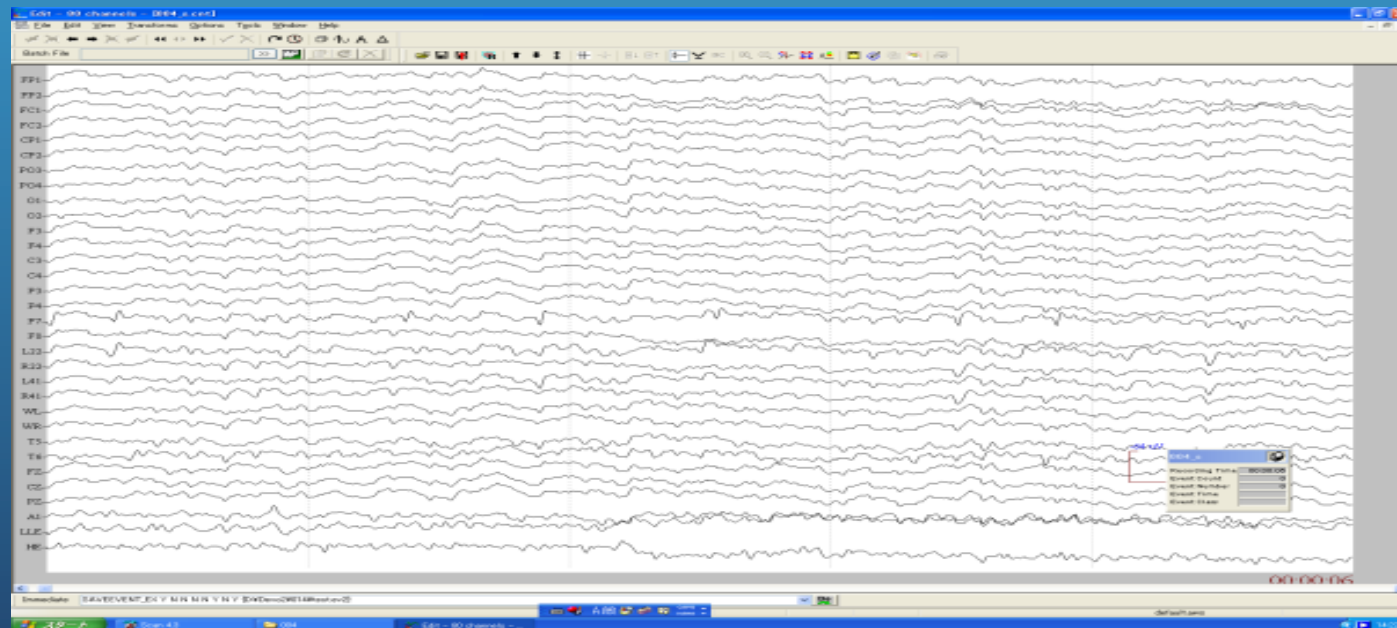
脳波の周期性振動活動から 言語処理を探る試み

第33回関西心理言語学研究会 (KCP) ミーティング

立命館大学スポーツ健康科学部
大石衡聴

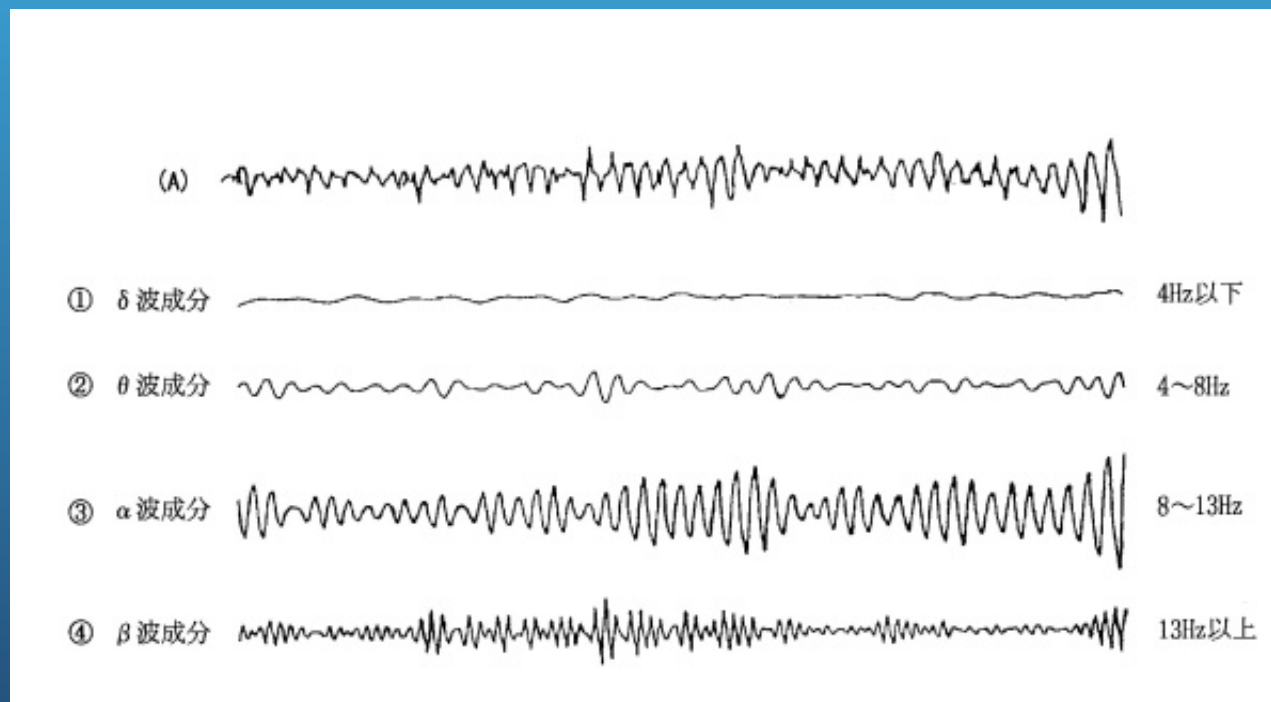
脳波

- 脳波 (Electroencephalogram: EEG)
 - 脳活動に伴って生じる電気を頭皮上などに貼りつけた電極で記録したもの
 - 大きさは数十マイクロボルト (1 μ Vは100万分の1V)
 - 脳波計で数万倍に増幅するとリズムを持った波として観察可能



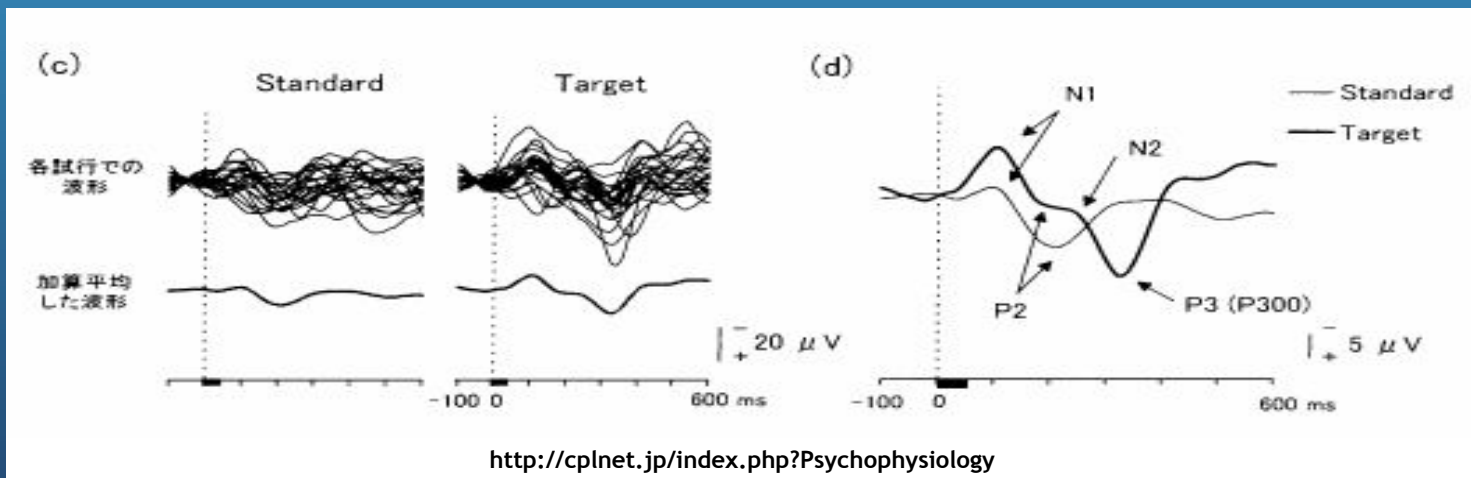
脳波

- 脳波 (Electroencephalogram: EEG)
 - 脳波は様々な周波数を持った波が合算されたもの
 - 脳波は、脳の持ち主が活着している限り、絶え間なく自発的に生じる (自発脳波)



事象関連電位

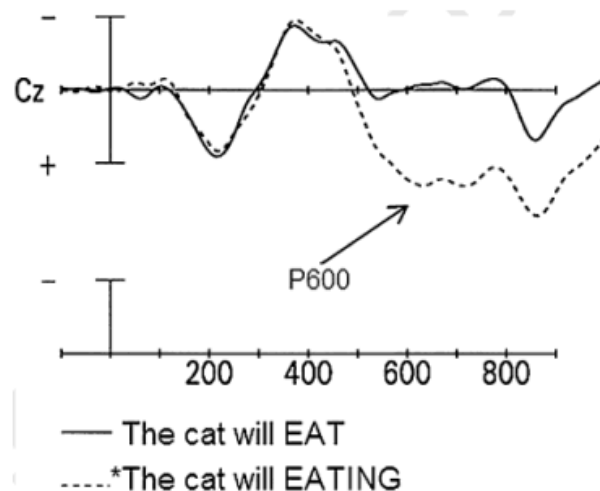
- 事象関連電位 (Event-related potential: ERP)
 - 光・音などの刺激や、指の曲げ伸ばしのような運動に対応して生じる、一過性の脳の電氣的活動
 - EEGに重なって記録される
 - EEGに比べて電位量が小さい（数マイクロボルト程度）ため1試行ごとに観察するのは困難
 - 加算平均法を用い、事象とは関連しないEEGを相殺することで抽出される



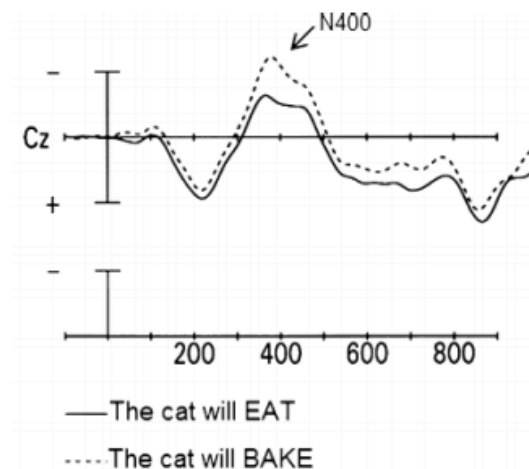
事象関連電位

- 事象関連電位 (Event-related potential: ERP)
 - 言語処理に敏感なERP成分が存在する
 - N400
 - P600
 - (Left) Anterior Negativity ((L)AN)

P600 – Index of syntactic processing



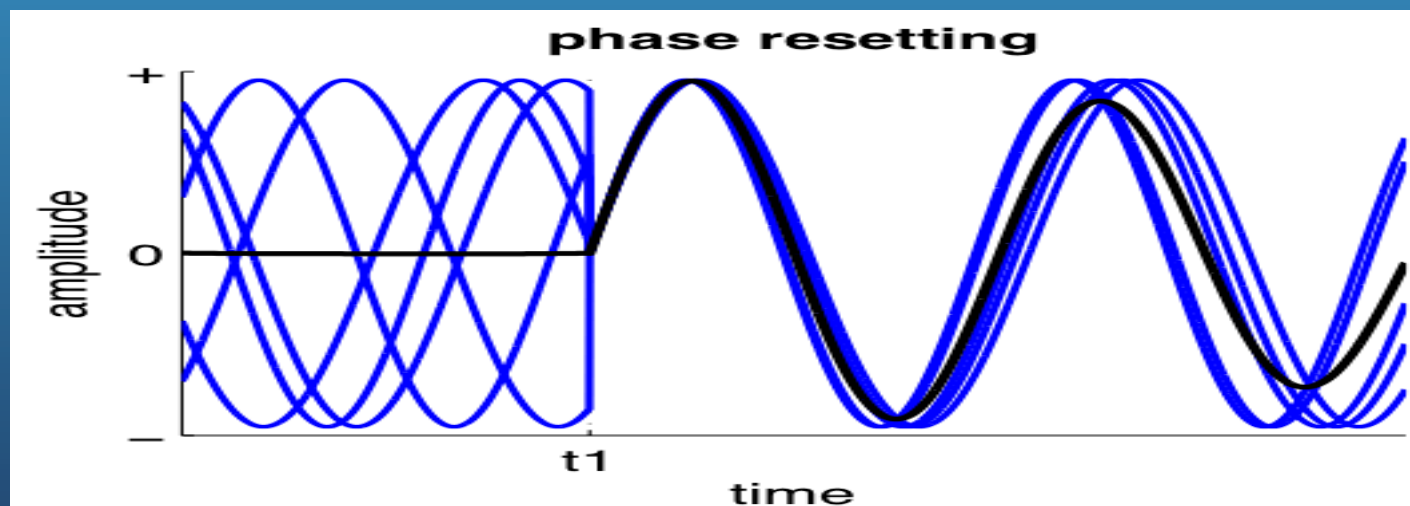
N400 – Index of semantic processing



事象関連電位

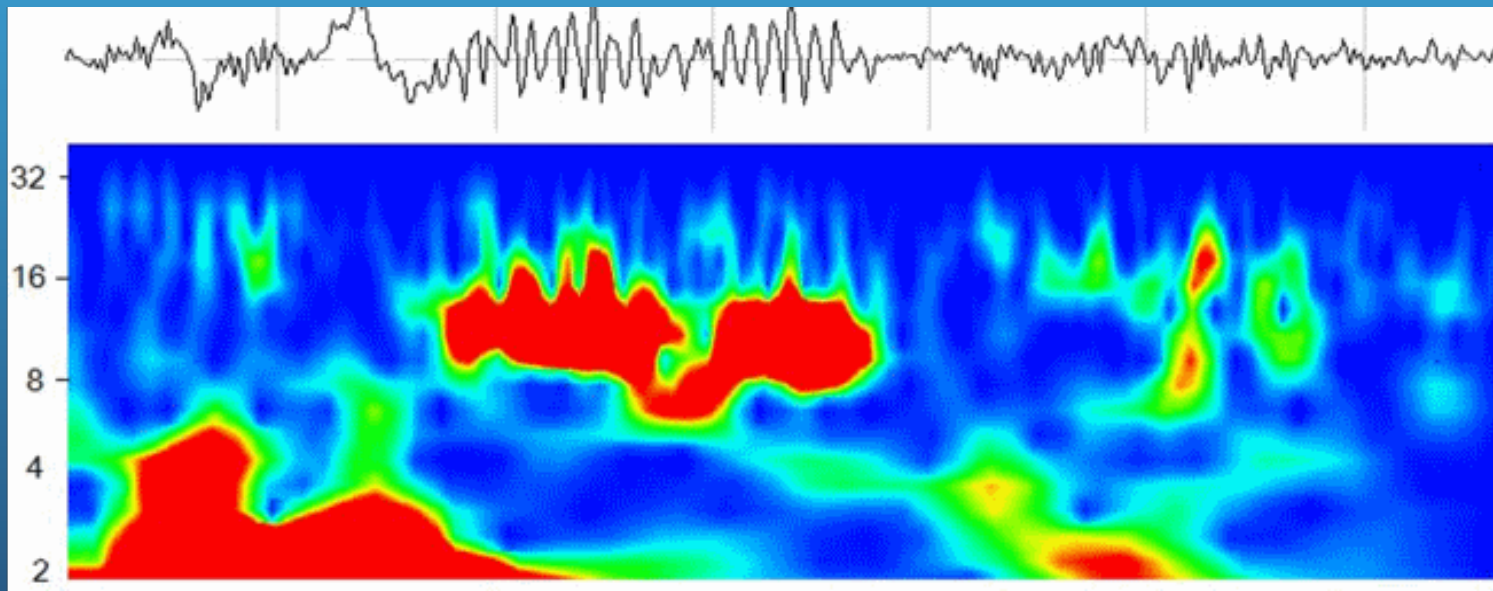
- 問題点

- 加算平均を経て得られたERPが、すべてその事象によって新たに生じた電位だとは限らない
 - ✓ 事象の前から存在していた自発脳波の出現タイミング（位相）が、事象をきっかけにリセットされ、相殺されずに残る場合がある ← 区別がつかない
- 相殺された自発脳波にも、認知的活動に伴う脳活動の変化に関連する情報が含まれている！ ← Mottainai!



oscillatory EEG activity

- 時間周波数解析 (Time-frequency analysis)
任意の時間枠の脳波データにどの周波数帯域の波がどの程度あるのかを、wavelet変換などを行って調べる解析方法。
各周波数ごとに、その強さを求めることができる。



周波数

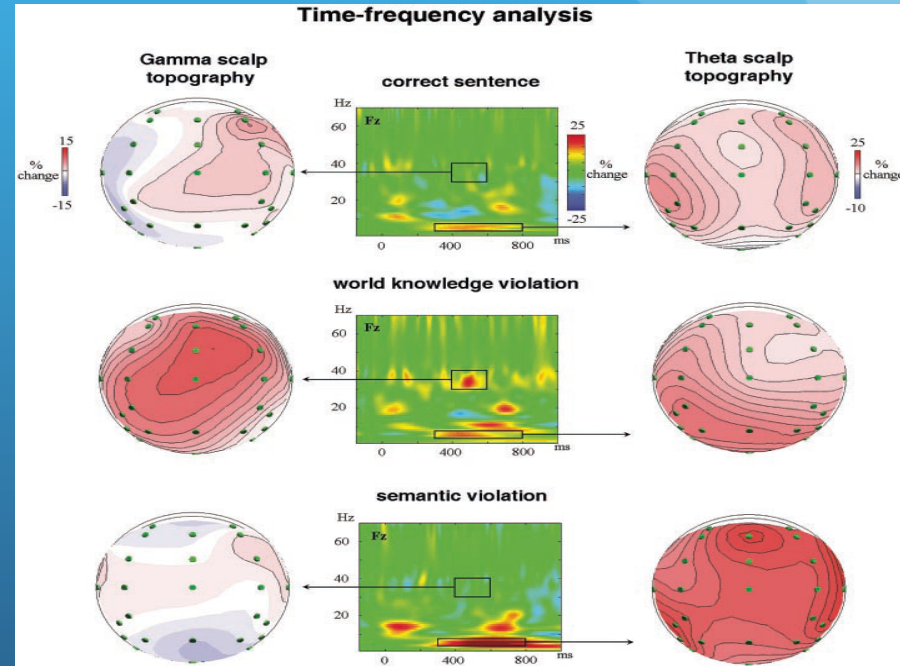
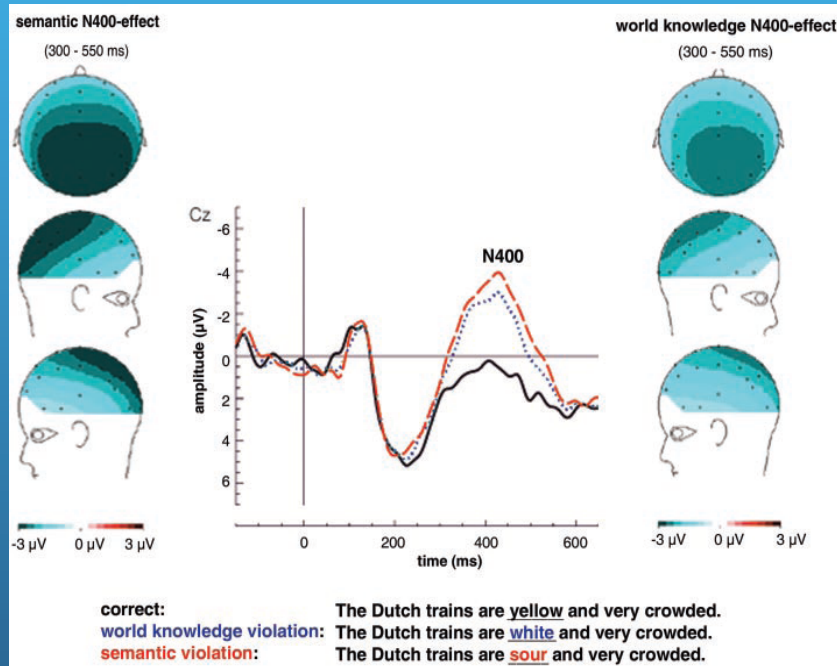
時間

Oscillatory EEG activity

- 時間周波数解析のメリット
 - ERPと違って、一試行毎に脳の電氣的活動の変化を知ることが出来る。
 - ERPのようにプラスやマイナスの電位として抽出される訳ではないので、極性は反対だが潜時帯は（部分的に）重なる成分同士で相殺 (cancel out) しあうことがない。
 - 同じERP成分が観察される2種類の文であっても、それらの処理の最中には異なる認知的処理が実行されていることを知ることができる

Oscillatory EEG activity

- Hagoort, Hald, Bastiaansen, & Petersson (2004)



control: The Dutch trains are yellow ...
 world knowledge violation: The Dutch trains are white ...
 semantic violation: The Dutch trains are sour ...

Oscillatory EEG activity

- 言語の理解に関連する成分
 - 機能語に比べて内容語を呈示した際の θ 帯域 (4-7Hz) での活動が大きくなる (event-related synchronization in theta band)
→ 単語の語彙意味的情報を心的辞書から取り出す負荷を反映
(Bastiaansen, Van der Linden, ter Keurs, Dijkstra, & Hagoort, 2005)
 - filler-gap dependencyの確立に伴う負荷や、統語的逸脱を反映して β 帯域 (13-18Hz) で活動の低下が大きくなる
(event-related desynchronization in beta band)
(Bastiaansen, Magyari, & Hagoort, submitted)

P600は浮気者問題

- 様々なタイプの文で観察されるP600
 - Ungrammaticality P600
e.g., * The cat will eating ...
 - Revision P600
e.g., The doctor charged the patient was ...
 - Integration P600
e.g., Emily wondered who the performer in the concert had imitated ...
 - Semantic P600 ...
e.g., For breakfast the eggs would eat ...

Semantic P600 effect

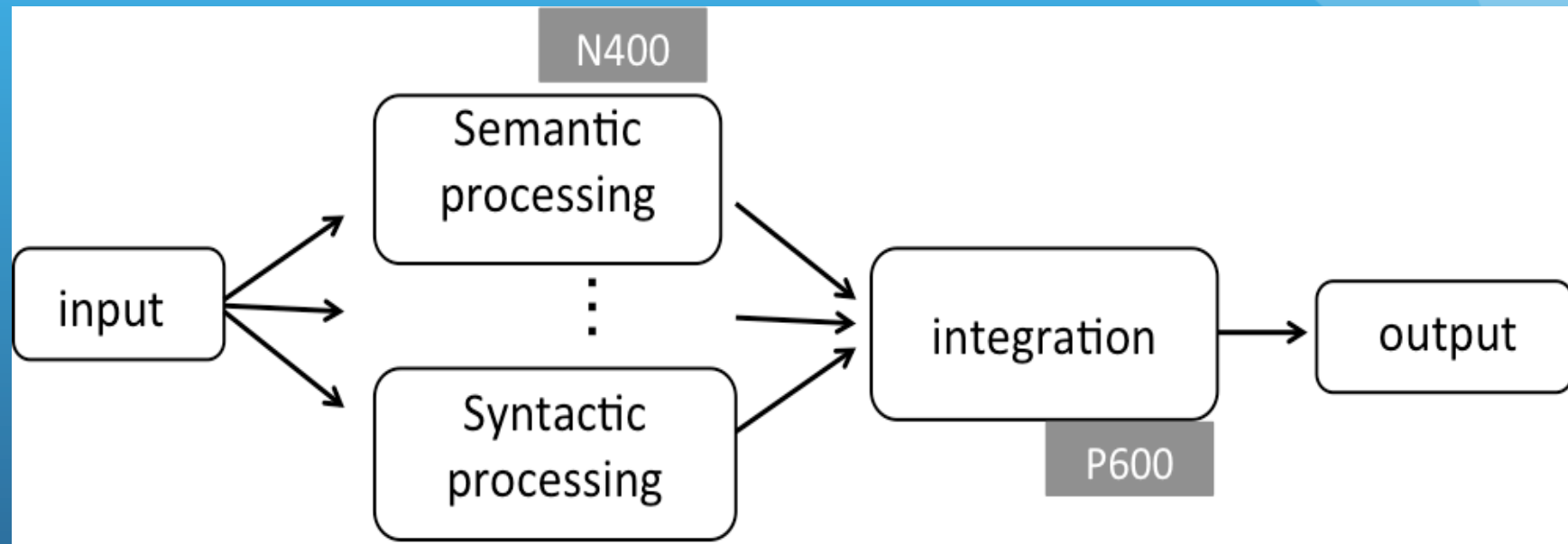
- Kuperberg et al. (2003)
 - a. For breakfast the boys would eat ...
 - b. For breakfast the boys would plant ... <- N400
 - c. For breakfast the eggs would eat ... <- P600!



“the eggs” について

syntactic cue: AGENT of “eat” ↔ semantic cue: THEME of “eat”

Semantic P600 effect



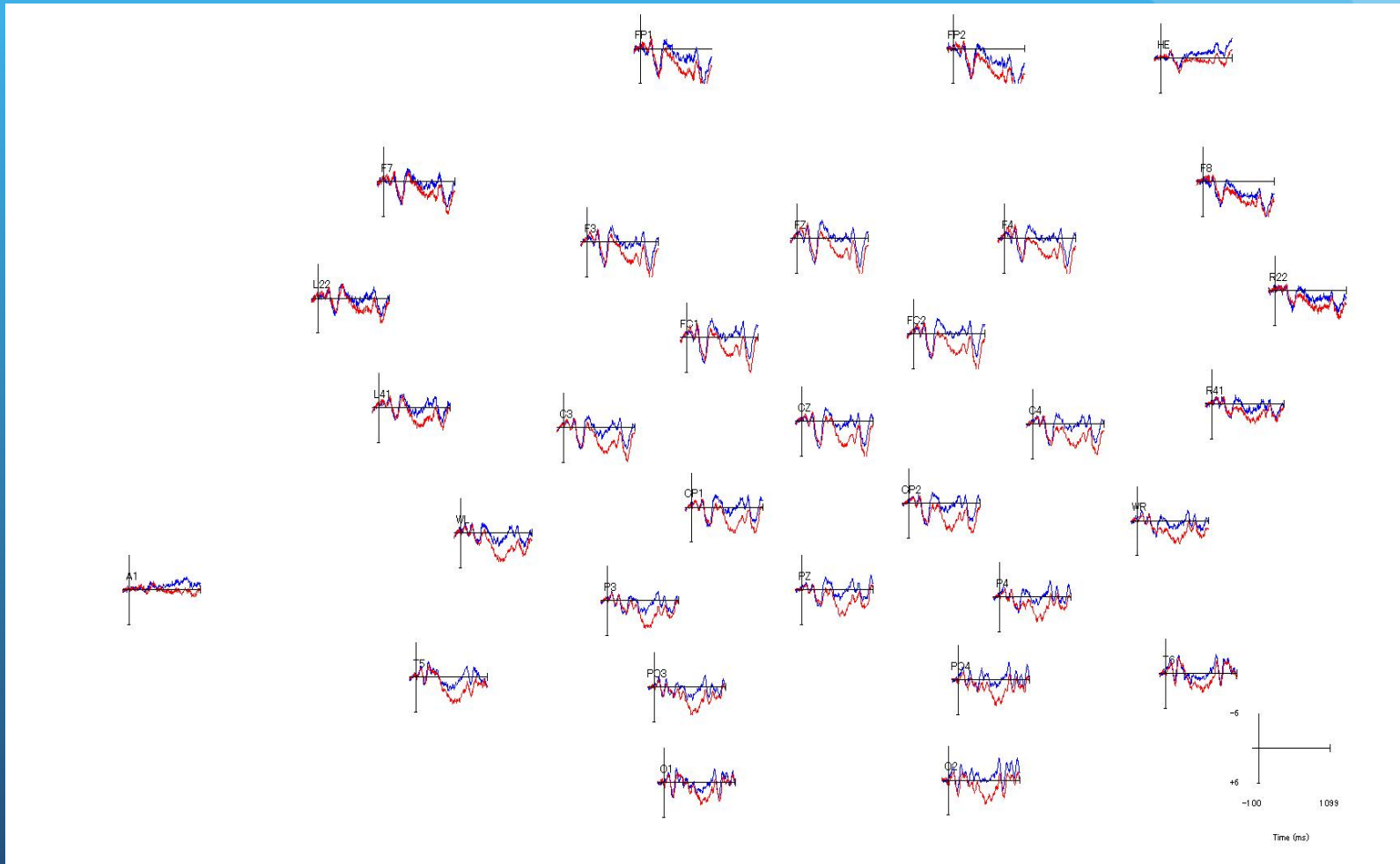
Kuperberg (2007). *Brain Research*, 1146, 23-49.

Experiment

- Semantic P600 と Revision P600 は同じ認知的処理を反映しているのか？
 - 1) Semantic P600
 - a. 生まれたてのイモムシが緑の葉っぱにかじりついた。
 - b. 緑の葉っぱが生まれたてのイモムシにかじりついた。
 - 2) Revision P600
 - a. 犯人を捕まえた青年に警官が謝礼した。
 - b. 警官が犯人を捕まえた青年に謝礼した。

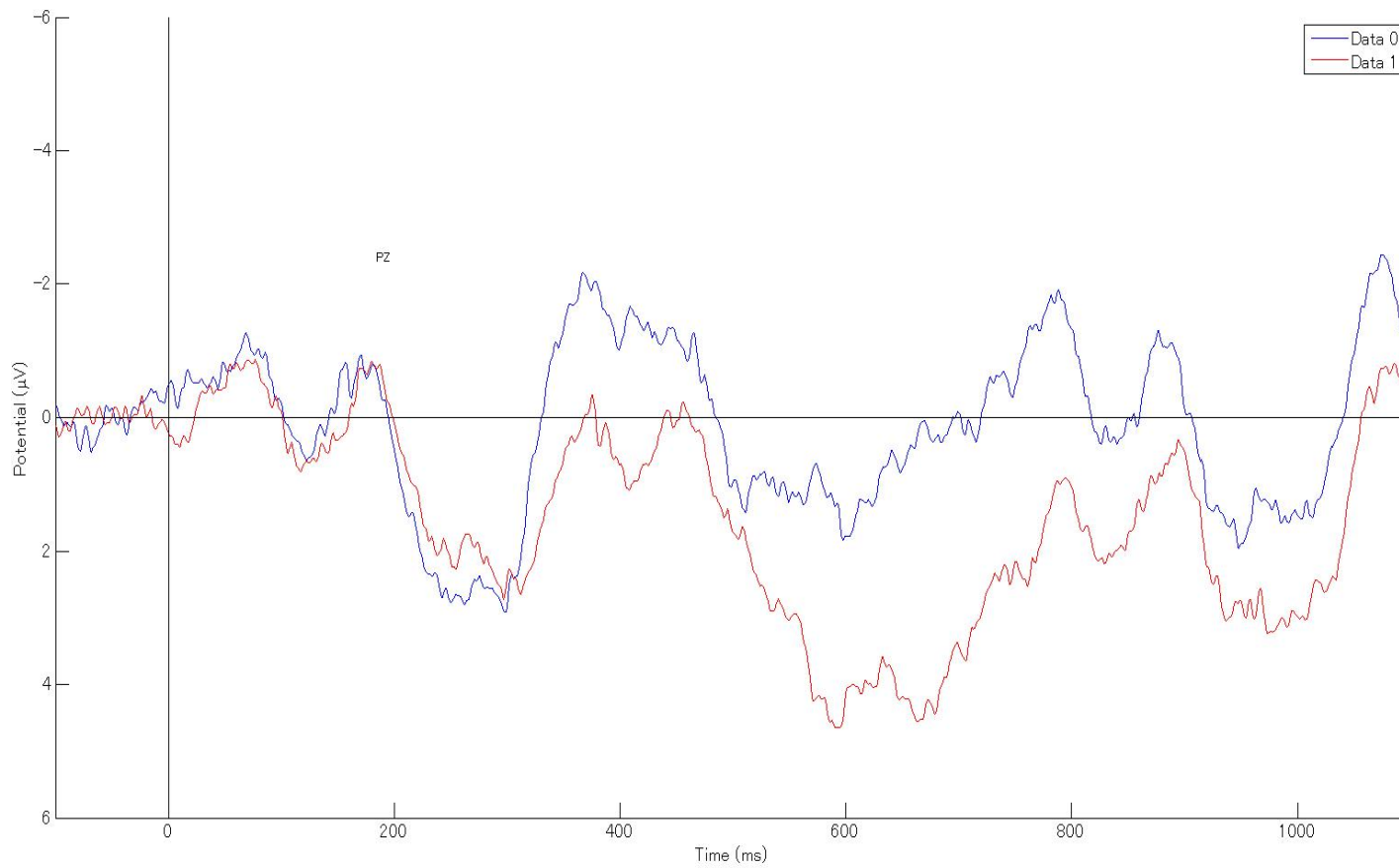
Results: ERPs

Revision P600



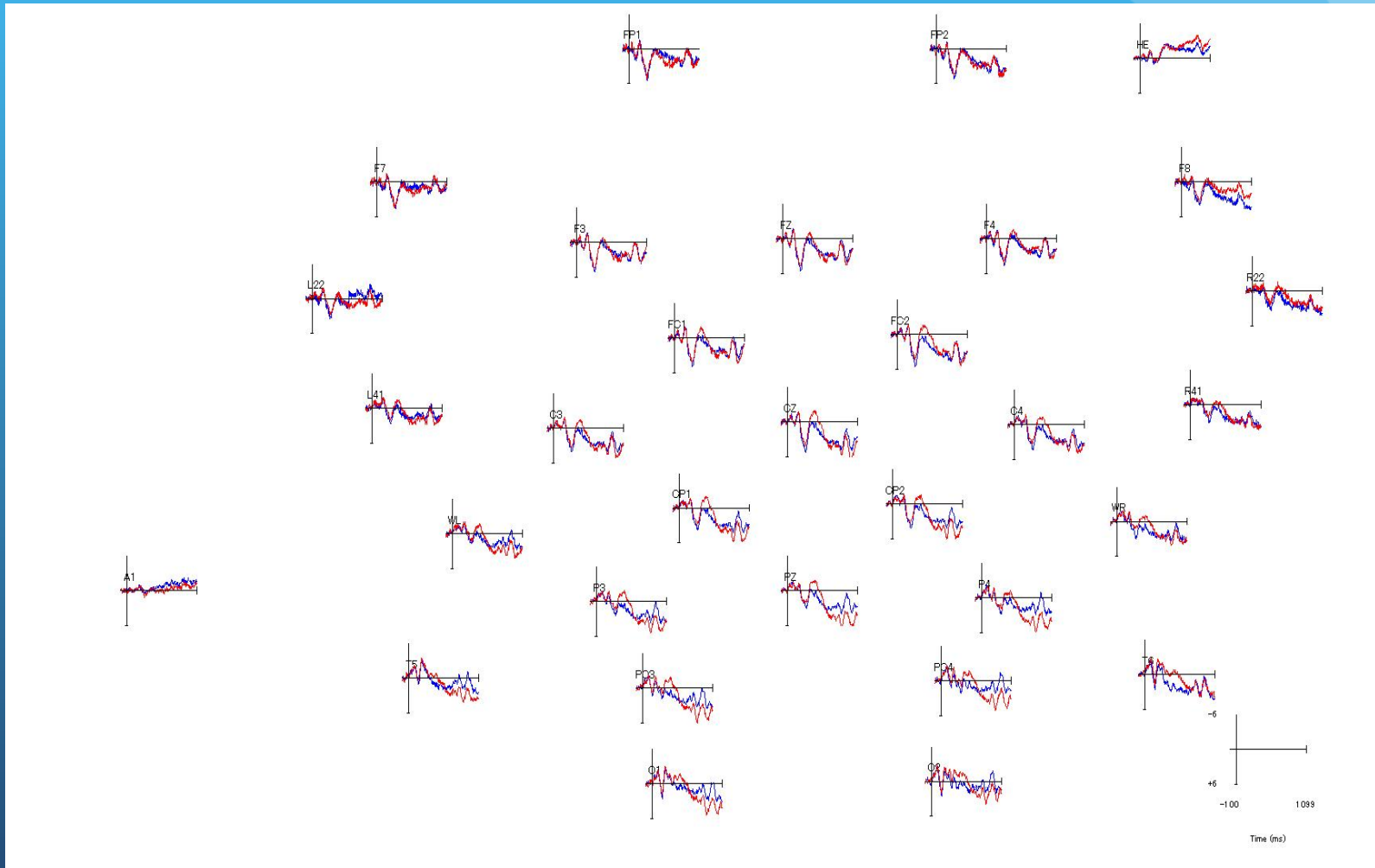
Results: ERPs

Revision P600



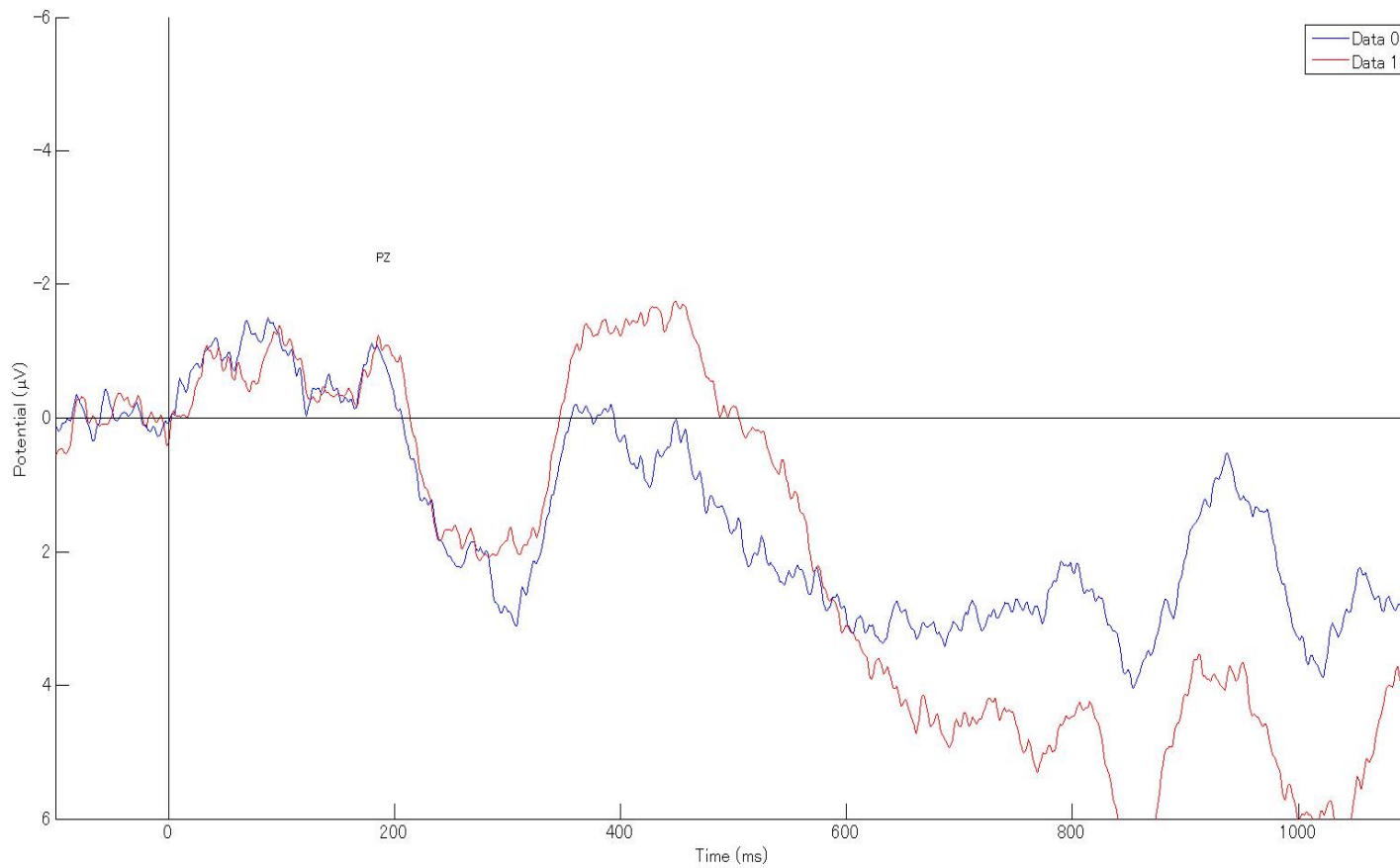
Results: ERPs

Semantic P600



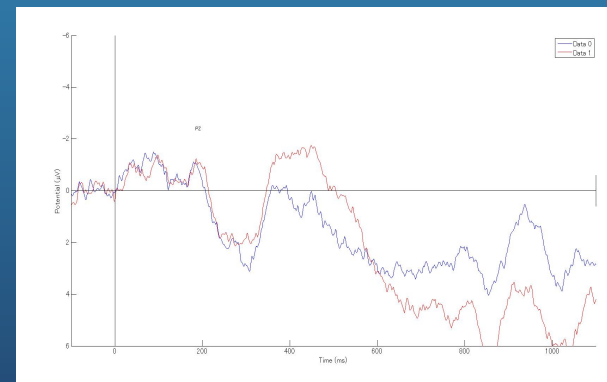
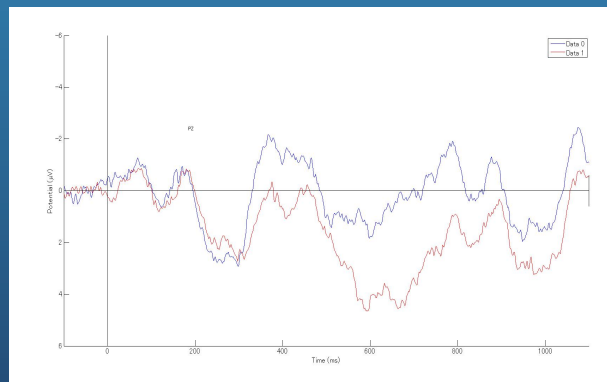
Results: ERPs

Semantic P600



Interim discussion

- 1b) を呈示した際に惹起されたP600はSemantic P600とは異なるP600？
 - 統語的情報に基づいた解釈が行われ、意味的逸脱が知覚された（→ N400振幅増幅）ものの、主語と目的語の統語的位置をひっくり返せば plausible な文となりえることから統語的に逸脱した文として知覚された（→ Ungrammaticality P600の惹起）
 - ✓ 個人波形を視診したところ、N400振幅の増幅が明白だったのは被験者全体の3～4割程度で、残りの被験者に関してはSemantic P600と同様の陽性波が惹起されている可能性がある



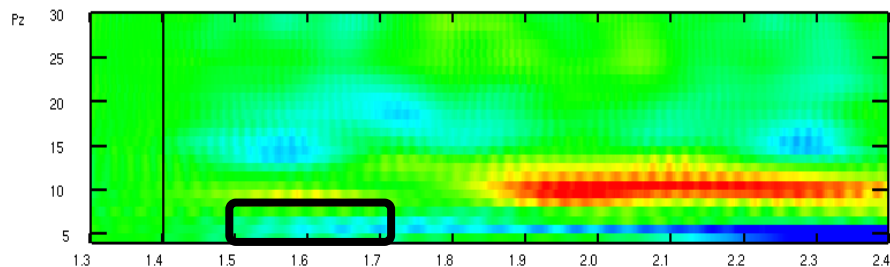
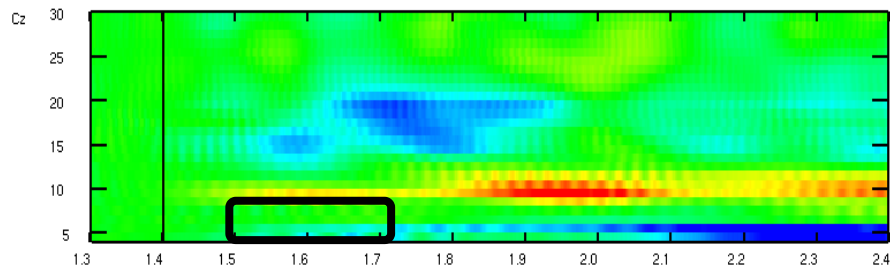
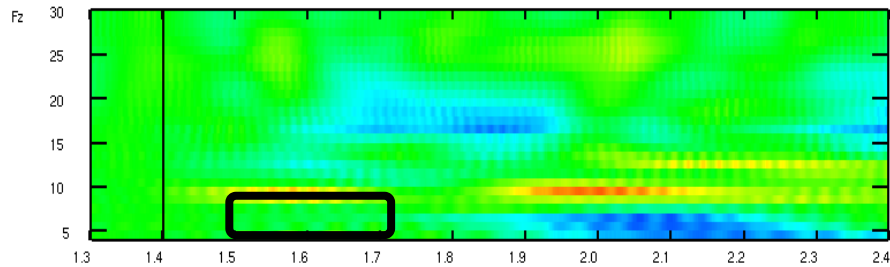
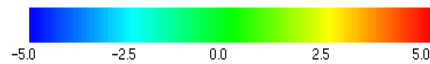
Results: Oscillatory activities

Revision P600: event-related synchronization in theta band

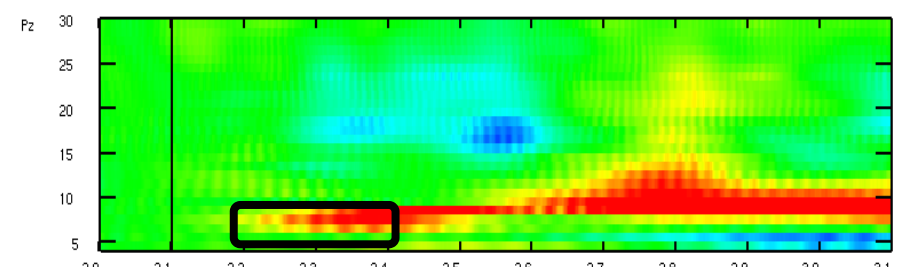
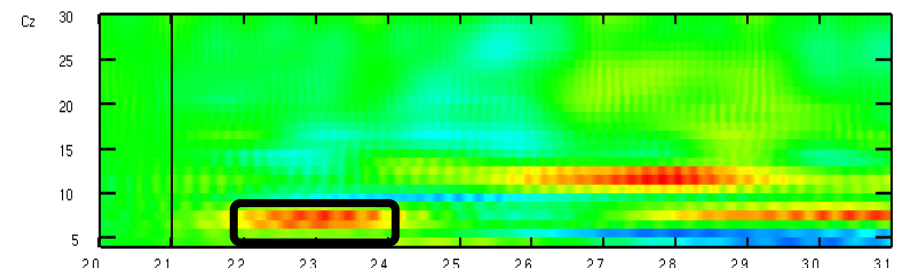
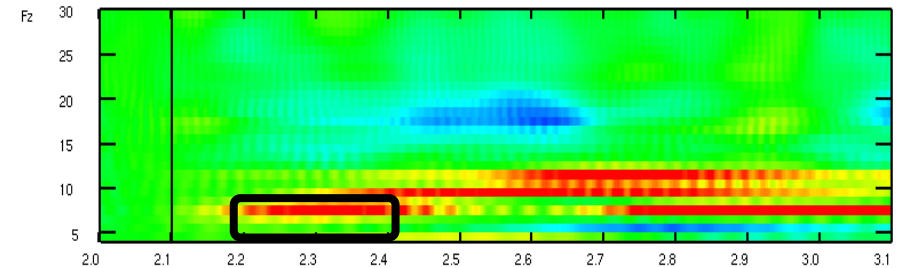
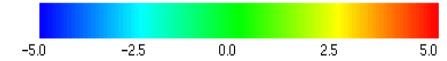
Control

Target

Midline
Start : 1.30 sec End : 2.40 sec
Fmin : 4.00 Hz Fmax : 30.00 Hz



Midline
Start : 2.00 sec End : 3.10 sec
Fmin : 4.00 Hz Fmax : 30.00 Hz



Results: Oscillatory activities

Semantic P600: event-related desynchronization in beta band

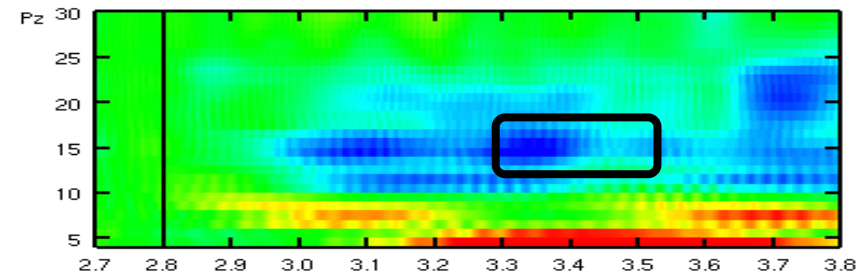
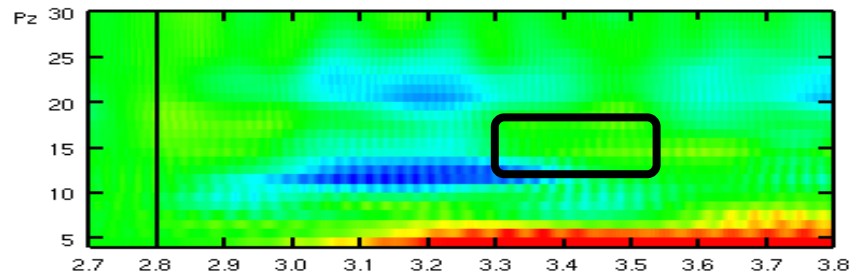
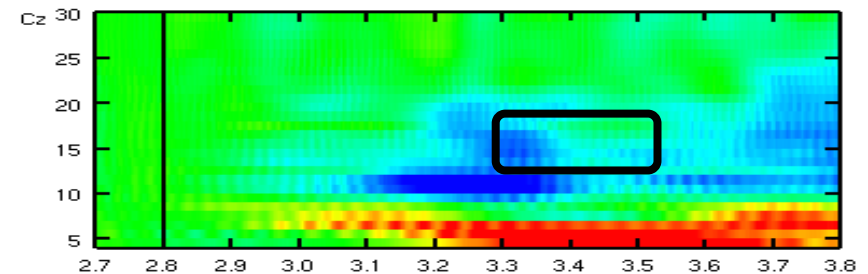
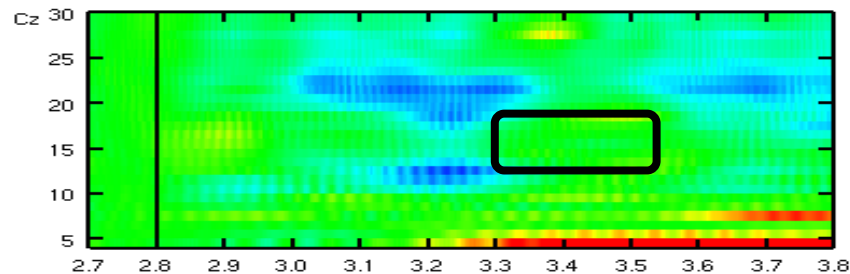
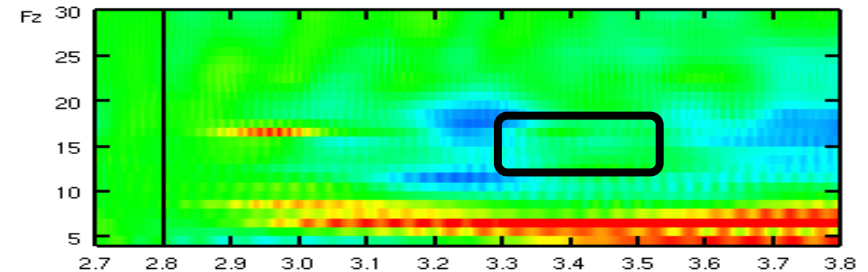
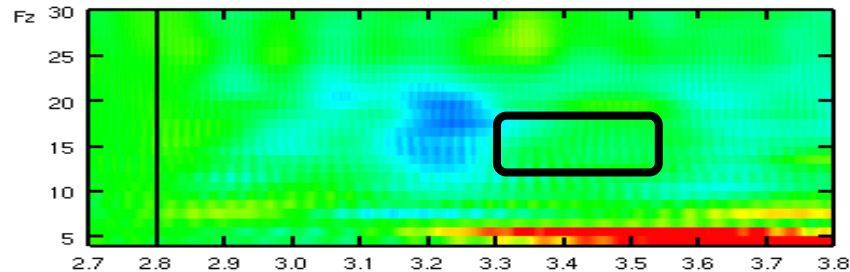
Control

Target

Midline

Start : 2.70 sec End : 3.80 sec

Fmin : 4.00 Hz Fmax : 30.00 Hz



Summary and Discussion

- ERPs

- Revision P600文: positive shift from 300ms poststimuli
- Semantic P600文: negative shift (300-500ms) followed by positive shift (600ms-)

- 統語的情報に基づいた解釈が行われ、意味的逸脱が知覚された（→ N400振幅増幅）ものの、主語と目的語の統語的位置をひっくり返せば plausible な文となりえることから統語的に逸脱した文として知覚された（→ Ungrammaticality P600の惹起）
- ✓ 個人波形を視診したところ、N400振幅の増幅が明白だったのは被験者全体の3～4割程度で、残りの被験者に関しては Semantic P600と同様の陽性波が惹起されている可能性がある

Summary and Discussion

- Oscillatory activities
 - Revision P600文: event-related synchronization in theta band (100-300ms poststimuli)
 - Semantic P600文: event-related desynchronization in beta band (500-800ms poststimuli)
 - Revision P600文とSemantic P600文とで異なる認知的処理が実行されている。
 - Semantic P600文は統語的に逸脱した文として処理されている。(e.g., Bastiaansen, Magyari, & Hagoort, *submitted*)

Summary and Discussion

- なぜ Semantic P600 は惹起されなかったのか？

For breakfast the eggs would eat ...

緑の葉っぱが生まれたてのイモムシにかじりついた。

- secondary taskの質・量
(e.g., 一試行毎にgrammaticality judgment task)
 - 実験文全体の中に占めるSemantic P600文の割合
(e.g., 120/240 in Kuperberg et al., 2007)
 - preceding contextの有無
(e.g., *The hearty meal would devour -> LAN effect, Kim & Sikos, 2011*)
- ✓ 上記の要因により、被験者の意識が通常よりも強く項の意味役割に向いたため?? ← Semantic P600は、ある意味特殊な環境下でしか惹起されない？

Summary and Discussion

- Semantic P600文ではN400が観察されたのに、何故ERS in theta bandは観察されなかったのか？
 - a. The Dutch trains are sour ...
 - b. 緑の葉っぱが生まれたてのイモムシにかじりついた。
- 意味的に逸脱した解釈から抜け出す術の有無
- ✓ N400振幅の増幅は、意味的逸脱の「発見」を反映するだけ？

Summary and Discussion

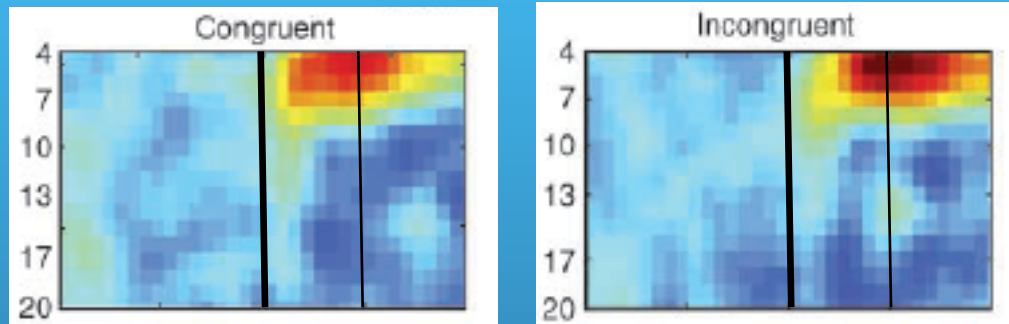
- Revision P600文で観察されたERS in theta bandは何を反映しているのか？

警官が犯人を捕まえた青年に謝礼した。

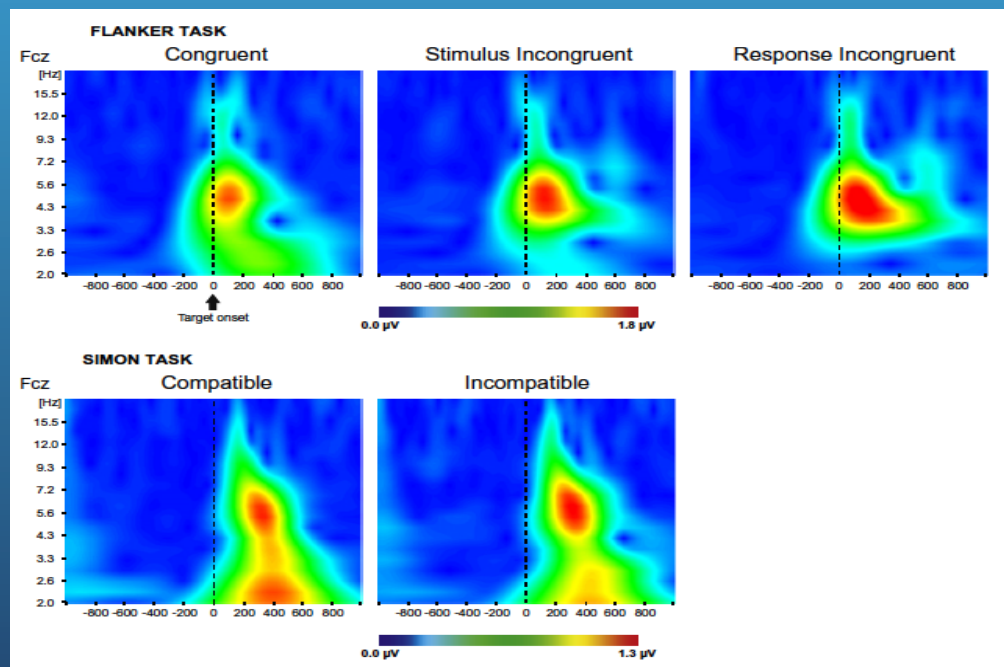
- lexical retrievalに伴う負荷を反映しているとは考えにくい
 - 再分析処理の際、抑制機能が初分析結果への固執を抑制する (for a review, see Mazuka, Jincho, & Oishi, 2009)
- ◇ Revision P600文で観察された ERS in theta band は再分析処理への抑制機能の関与によるもの？

Summary and Discussion

- 抑制機能課題で観察されたERS in theta band



<- Hanslmayr et al. (2008)
Stroop task



<- Nigbur et al. (2011)
Flanker task
(upper)
Simon task
(lower)

Summary and Discussion

- Revision P600文では潜時500ms以降にも大きなERP陽性偏位が観られたのに、同様の潜時帯で有意な oscillatory activity が観られなかったのは何故か？
- 何らかのERP反応があったからと言って、必ずしも有意な oscillatory activity が生じるとは限らない。
- ERP反応は言語処理装置の、oscillatory activityは一般的認知機能の活動に伴うもの？

Conclusion

- 同じERP成分が惹起されたからと言って、必ずしも同じ認知的処理が実行されているとは限らない。
- 何らかのERP反応があったからと言って、必ずしも有意な oscillatory activity が生じるとは限らない。
- ERP と oscillatory activity は、時に相補的な存在
- 同時に記録されるものなので、どっちも分析しちゃった方がお得！