

視覚システムにおける規則性の自動的保持： 視覚ミスマッチ陰性電位を用いた検討

木村 元洋

日本学術振興会特別研究員PD
名古屋大学大学院環境学研究科

ミニシンポジウム2

中枢系の心理生理学はどこへいくのかー予期と予測の観点からー
第27回日本生理心理学会大会 2009年5月17日 同志社大学

目次



■ はじめに

■ 実験

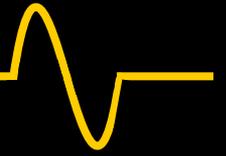
1. 視覚における記憶ミスマッチ反応の同定
2. 規則性(単純な具体的ルール)の自動的保持
3. 規則性(複雑な具体的ルール)の自動的保持
4. 規則性(抽象的ルール)の自動的保持

■ おわりに

はじめに



はじめに



情報選択

<< 能動的注意 (Active attention)

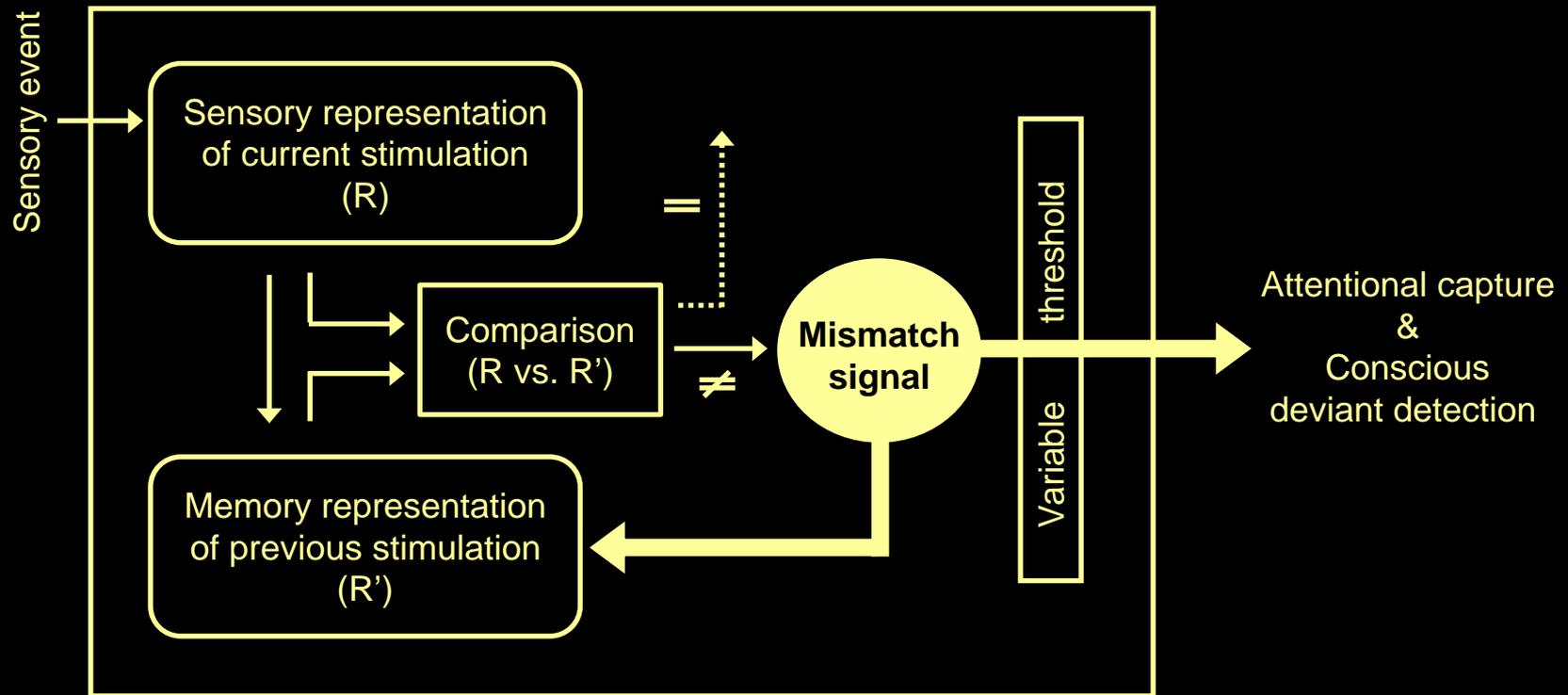
課題に関連した感覚情報の選択 (e.g., 標的事象に対する注意配分)

<< 受動的注意 (Passive attention)

課題関連性に関わらず, 可能性として重要な感覚情報それ自体によって注意が引き付けられる (e.g., 変化・逸脱事象による注意捕捉)

はじめに

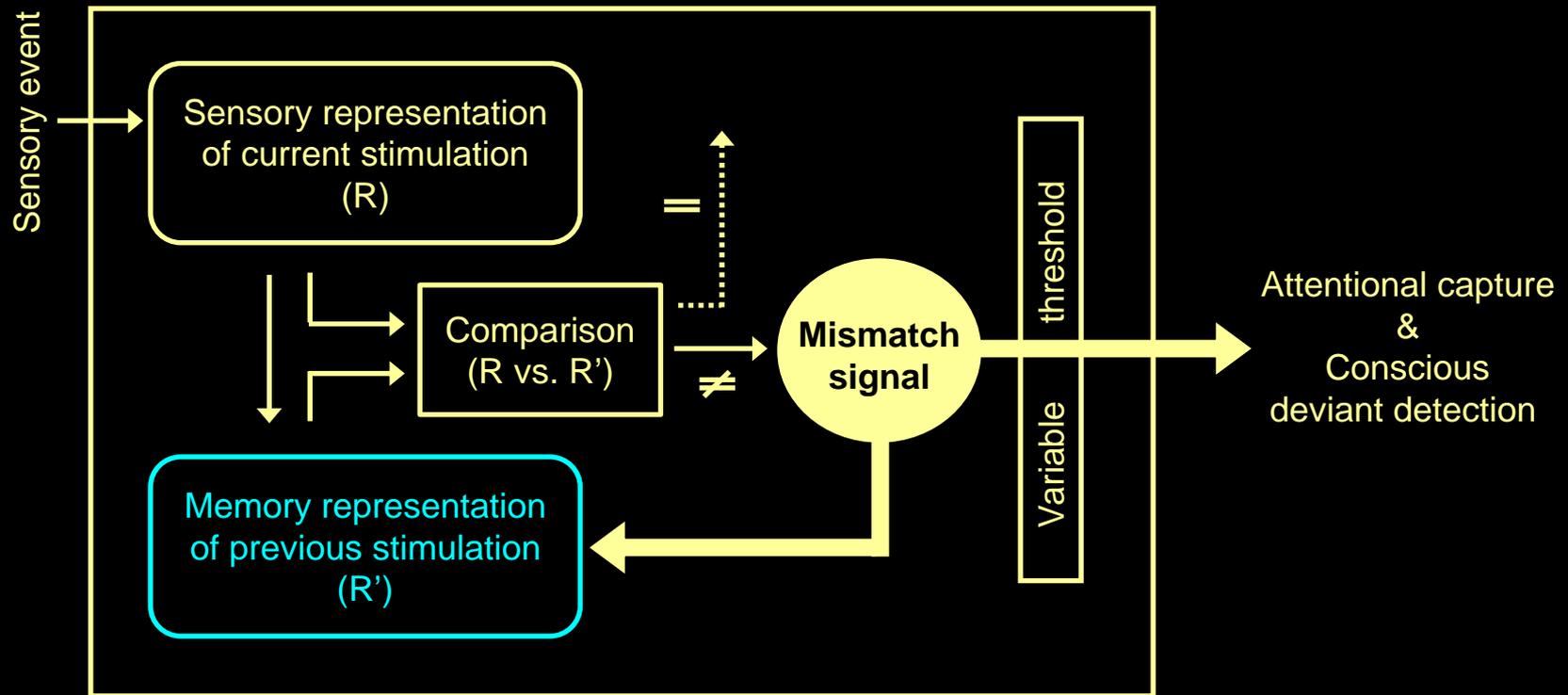
変化・逸脱事象による注意捕捉



Näätänen (1990); Schröger (1997); Winkler (2007)

はじめに

記憶表象 (R') に自動的に保持される情報は？

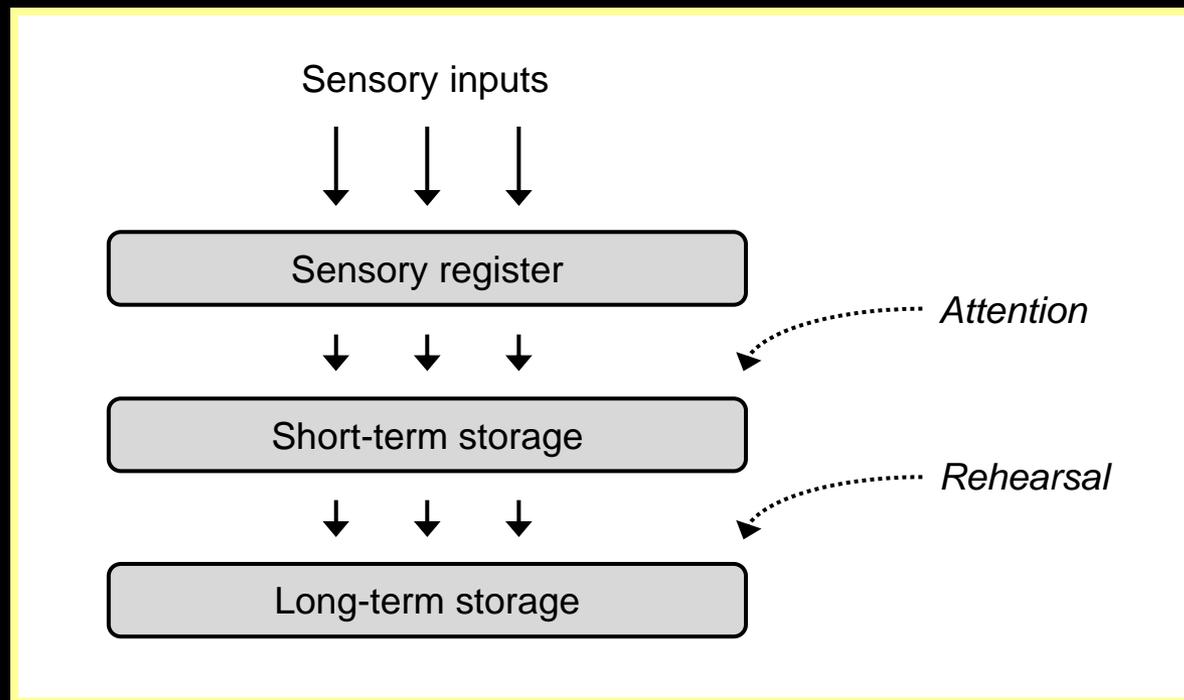


Näätänen (1990); Schröger (1997); Winkler (2007)

はじめに

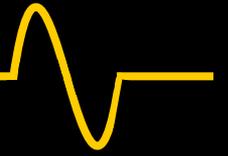
(1) 感覚記憶痕跡仮説

背景：記憶の三段階モデル (Atkinson & Shiffrin, 1968)



Atkinson & Shiffrin (1968)

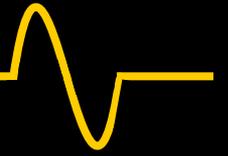
はじめに



(1) 感覚記憶痕跡仮説

記憶表象(R')には, 先行する刺激系列において反復的に呈示された刺激の静的な特徴(感覚記憶痕跡, sensory memory trace)が自動的に保持されている(e.g., Näätänen, 1992)

はじめに



(2) 規則性仮説

記憶表象(R')には, 先行する刺激系列に内在する動的な規則性(ルール)が自動的に保持されている(e.g., Schröger, 2007; Winkler, 2007)

実験1:

視覚における記憶ミスマッチ反応の同定

Kimura, Katayama, Ohira, & Schröger
(2009, *Psychophysiology*)

実験1: 序論

視覚における記憶表象(R')の内容を検討したい。しかし、行動反応のみからの検討は容易ではない。

事象関連脳電位(ERP)を使用。感覚刺激表象(R)－記憶表象(R')間のミスマッチを反映するERP成分は？

実験1: 序論

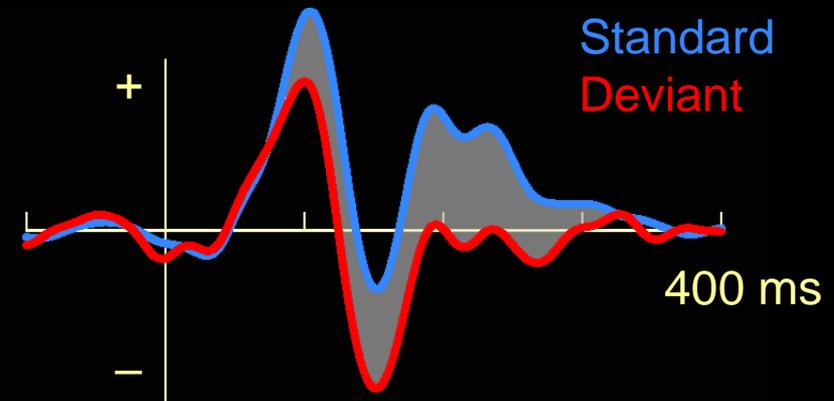
逸脱関連陰性電位 (Deviant-related negativity, DRN)

視覚オドボール系列

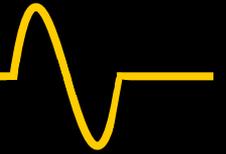
低頻度逸脱 (Deviant) – 高頻度標準 (Standard)

刺激呈示後約100-300 ms

後部優位の頭皮上分布



実験1: 序論



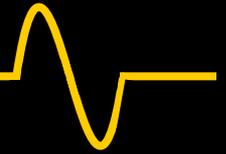
(1) 記憶ミスマッチ仮説

DRNはR-R'間のミスマッチを反映する。すなわち、標準刺激表象と逸脱刺激表象間のミスマッチを反映する成分(視覚ミスマッチ陰性電位, Visual mismatch negativity, vMMN)である (Czigler et al., 2002)。

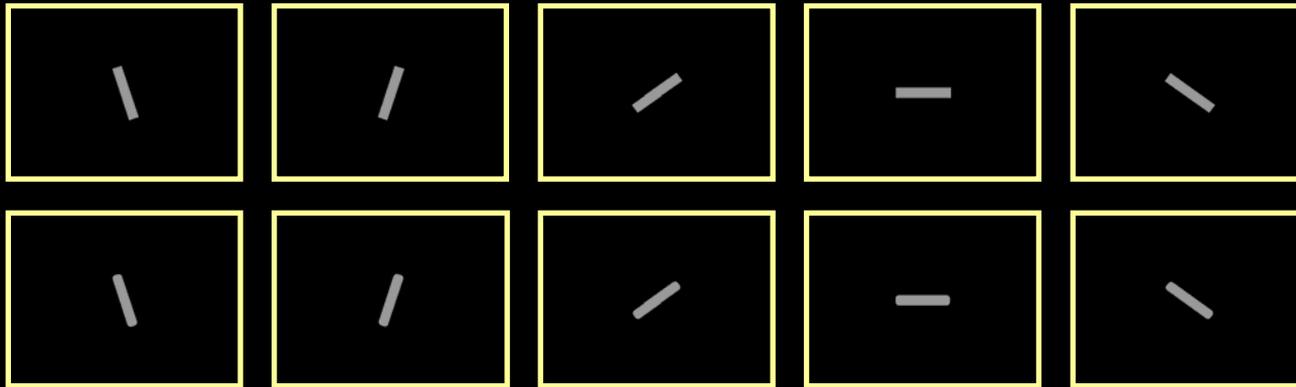
(2) 順応仮説

DRNはR-R'間のミスマッチを反映しない。低頻度刺激(逸脱刺激)と高頻度刺激(標準刺激)間の順応水準の差に由来する、視覚N1成分(の差分)である (Kenemans et al., 2003)。

実験1: 方法



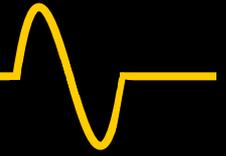
Stimuli: 10 stimuli (5 orientations x 2 shapes of edge)



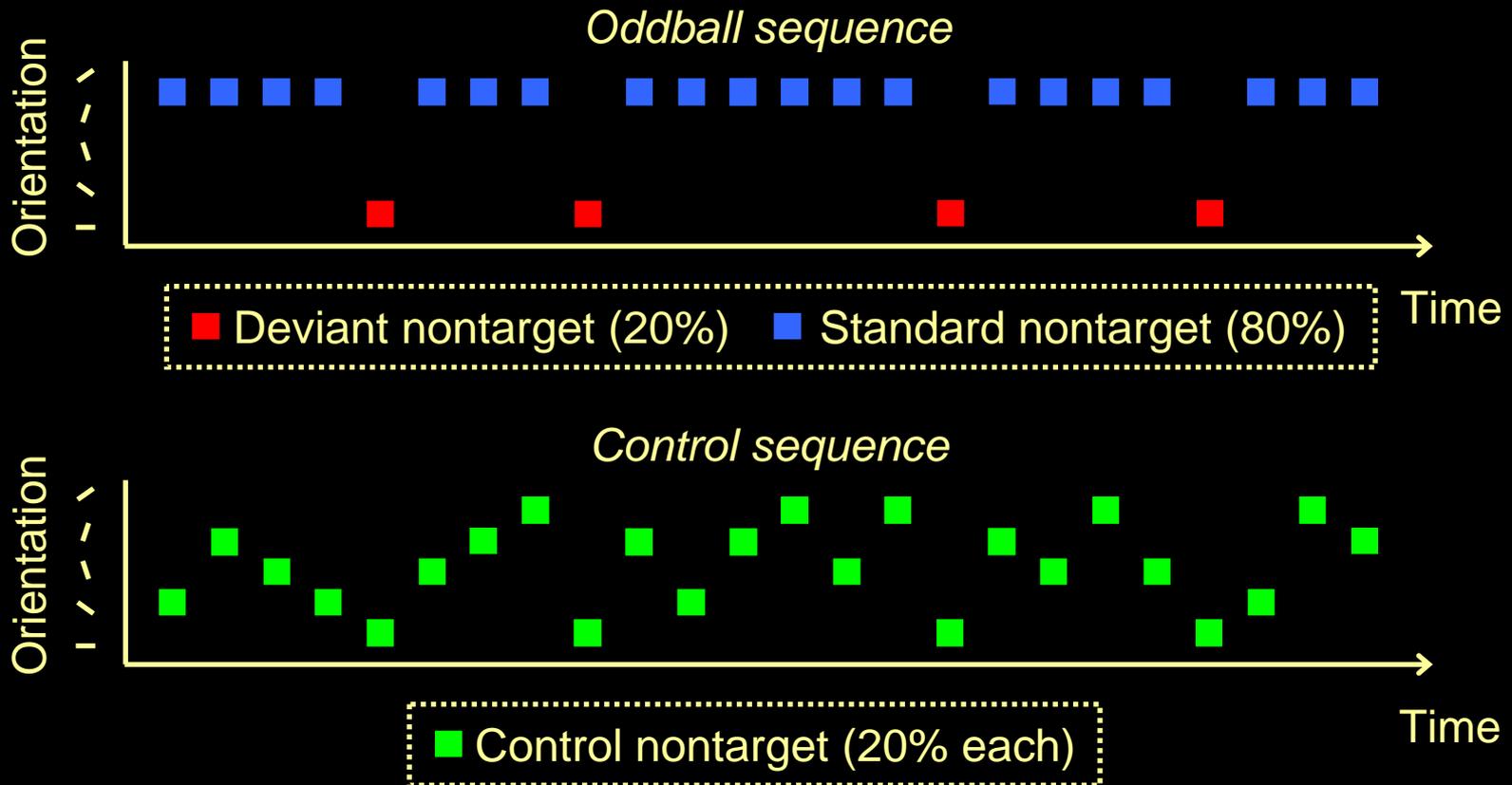
Procedure: 2 sequences (Oddball, Control) (Dur.: 100 ms. SOA: 500 ms)

Task: Selective response to infrequent target (i.e., bar with rounded edges)

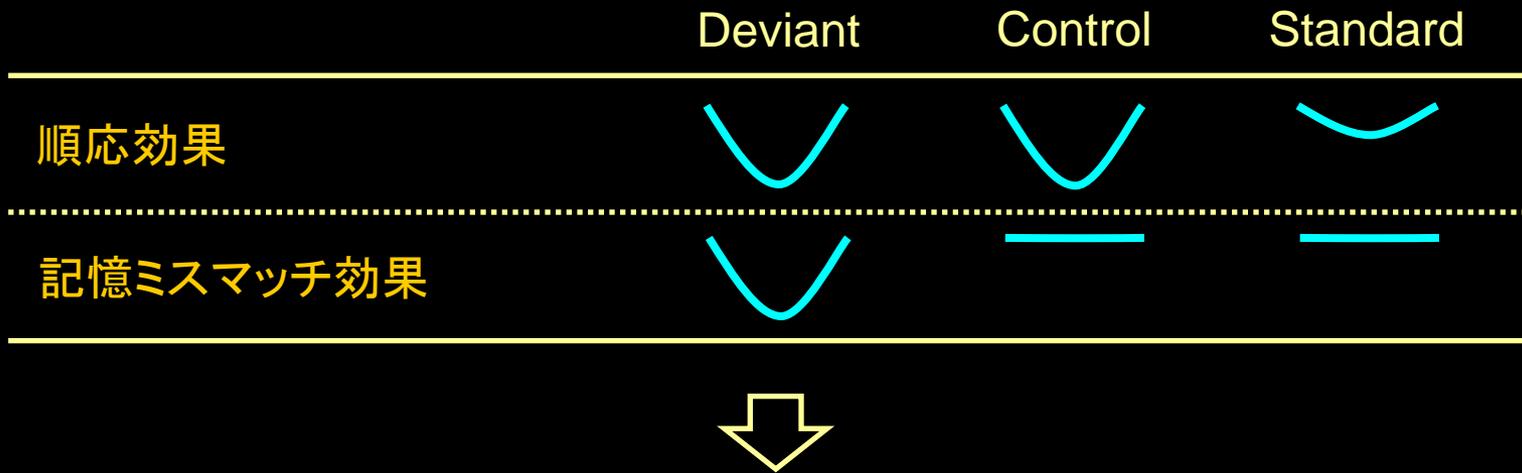
実験1: 方法



Procedure



実験1: 方法

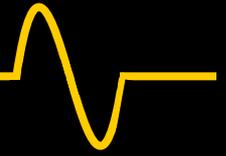


1) Deviant-minus-Standard difference: 順応効果 + 記憶ミスマッチ効果

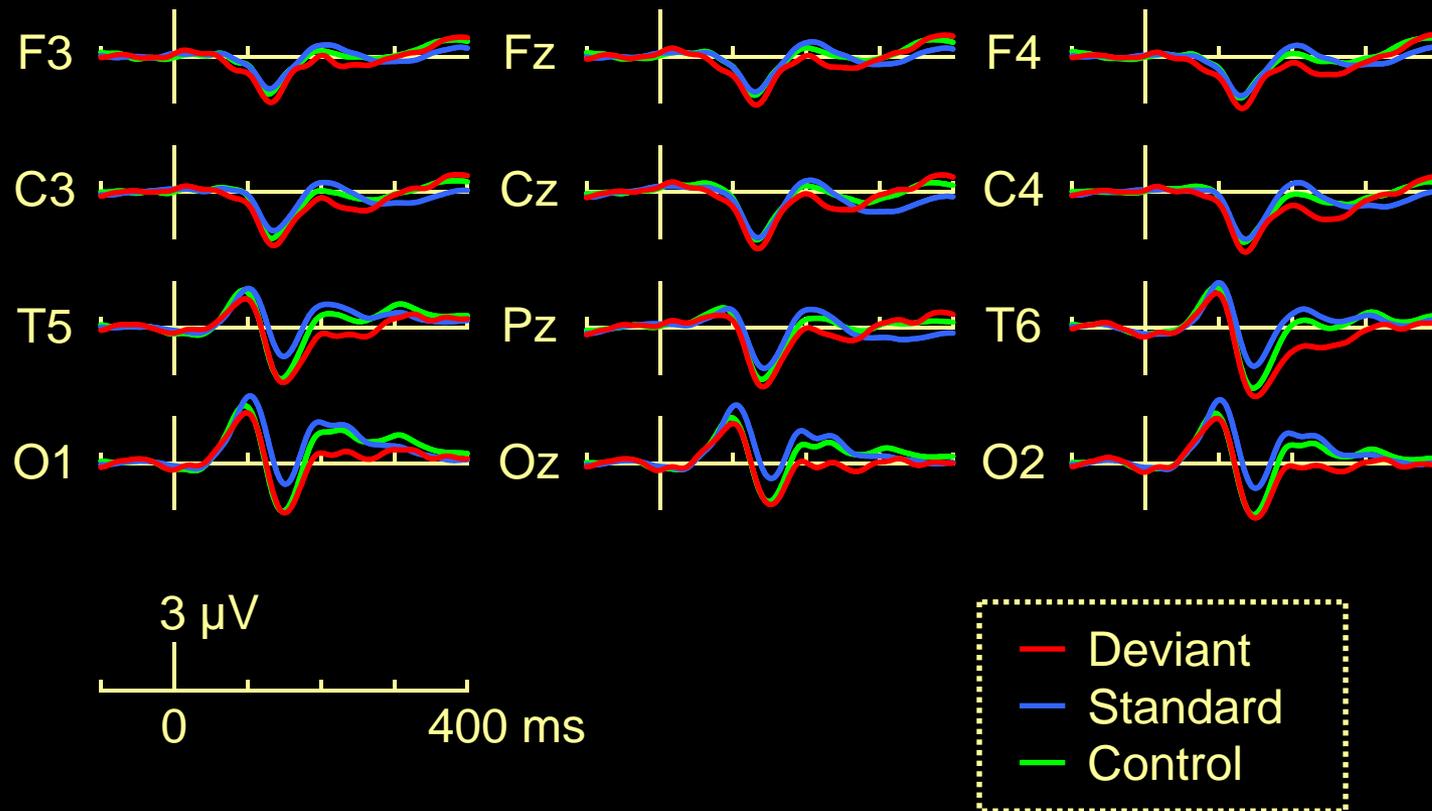
2) Deviant-minus-Control difference: 記憶ミスマッチ効果

3) Control-minus-Standard difference: 順応効果

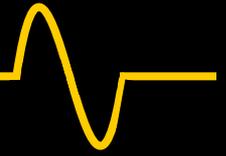
実験1: 結果



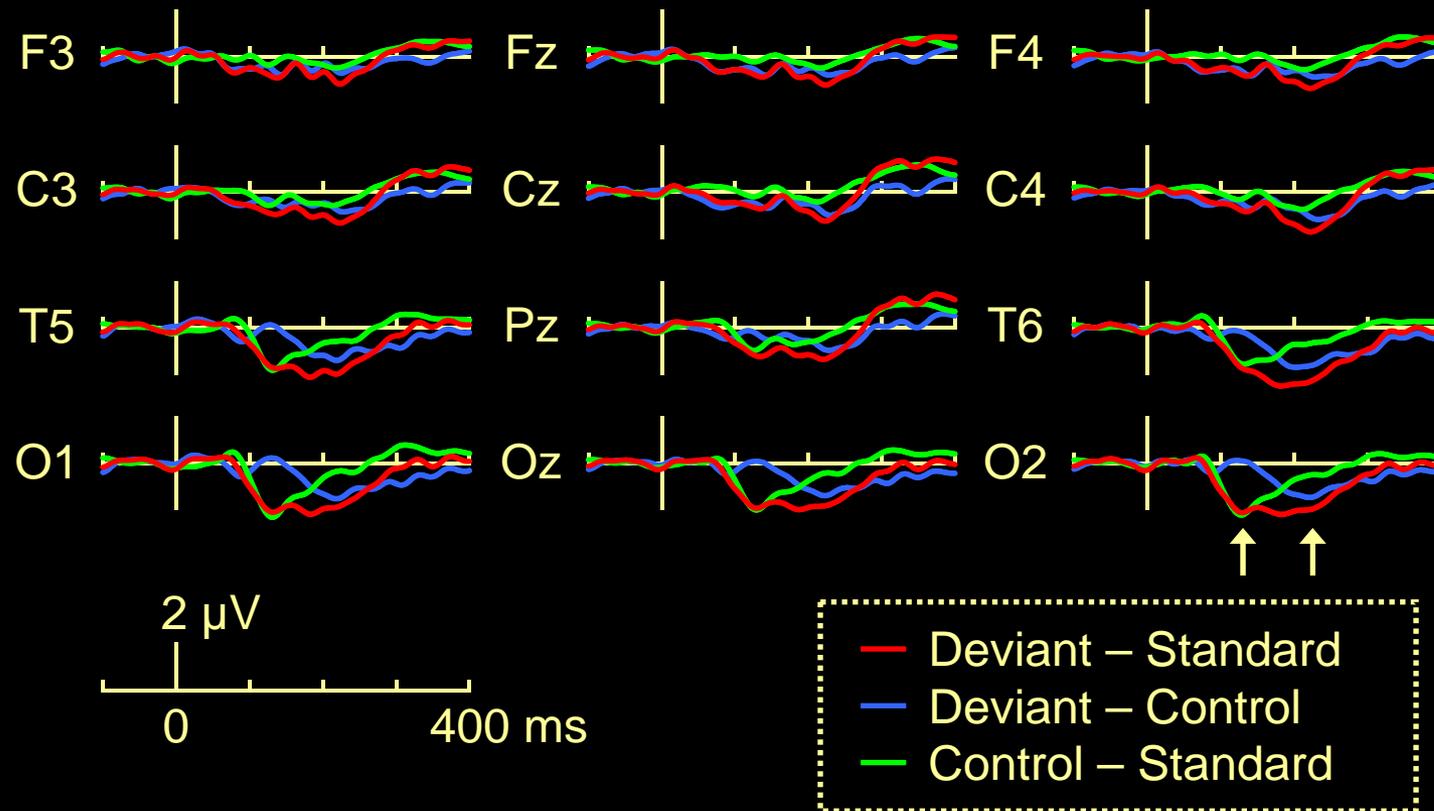
Grand averaged ERPs



実験1: 結果

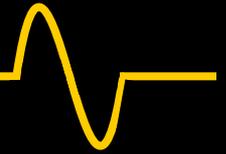


Grand averaged difference waves

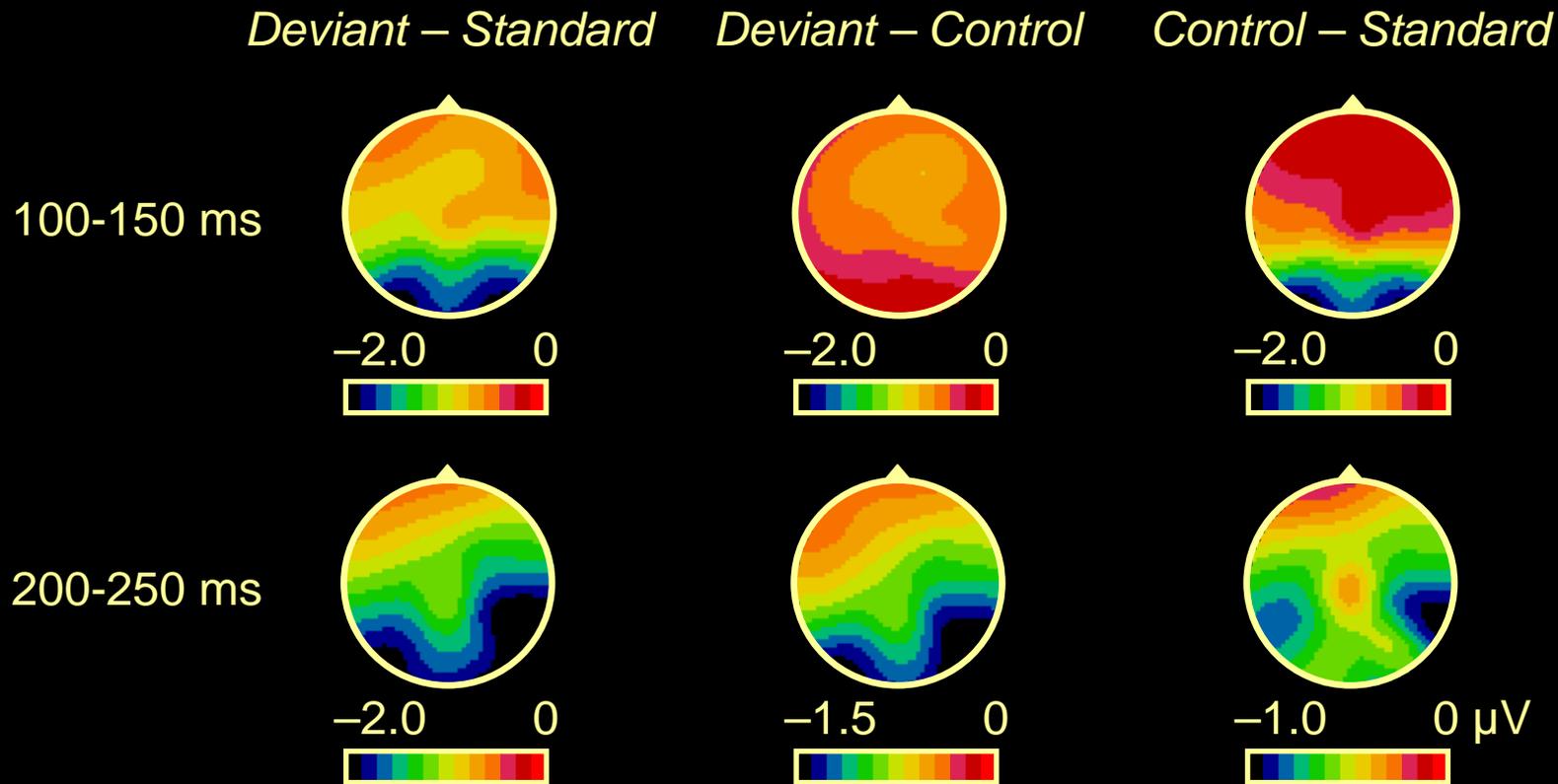


Kimura, Katayama, Ohira, & Schröger (2009, *Psychophysiology*)

実験1: 結果

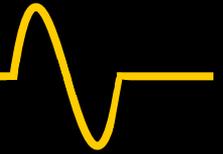


Topographical maps of difference waves



Kimura, Katayama, Ohira, & Schröger (2009, *Psychophysiology*)

実験1: 考察



1) Deviant-minus-Standard difference: 順応効果 + 記憶ミスマッチ効果

Early negativity + Late negativity

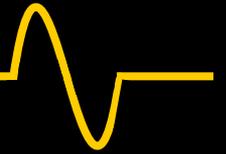
2) Deviant-minus-Control difference: 記憶ミスマッチ効果

Late negativity

3) Control-minus-Standard difference: 順応効果

Early negativity

実験1: 結論



DRNは二つのERP成分
(Early & Late negativities)から構成される

Late negativityは、視覚におけるR-R'間の
ミスマッチを反映するERP成分(vMMN)である

実験2:

規則性(単純な具体的ルール)の自動的保持

Kimura, Schröger, Czigler, & Ohira

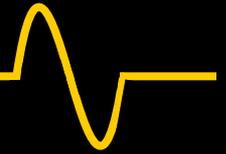
(2009, *Journal of Cognitive Neuroscience*)

実験2: 序論

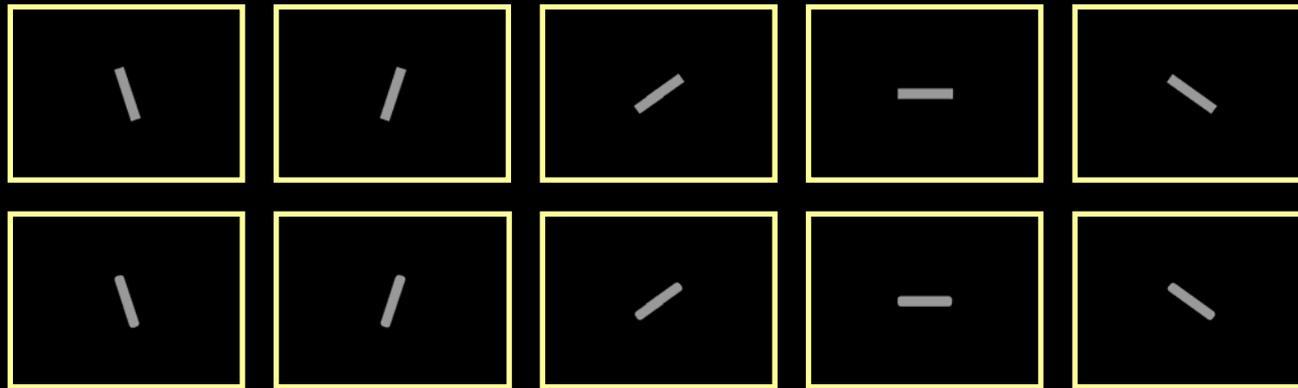
感覚刺激系列から自動的に抽出・保持される記憶表象 (R')には, どのような情報までが表象されうるのか?

静的な刺激特徴 (感覚記憶痕跡仮説) ? それとも動的な規則性・ルール (規則性仮説) ?

実験2: 方法



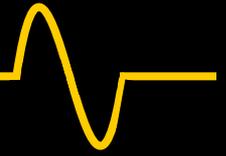
Stimuli: 10 stimuli (5 orientations x 2 shapes of edge)



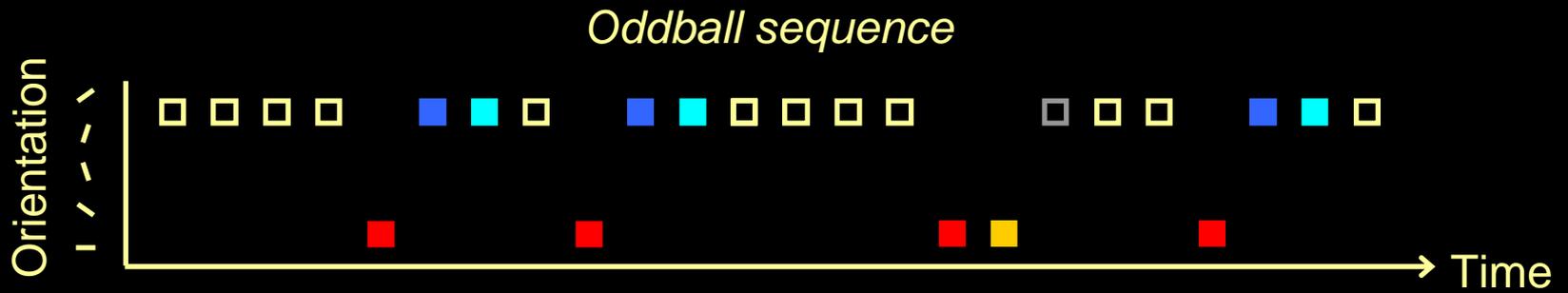
Procedure: 2 sequences (Oddball, Control) (Dur.: 100 ms. SOA: 500 ms)

Task: Selective response to infrequent target (i.e., bar with rounded edges)

実験2: 方法

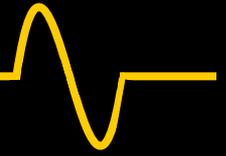


Procedure

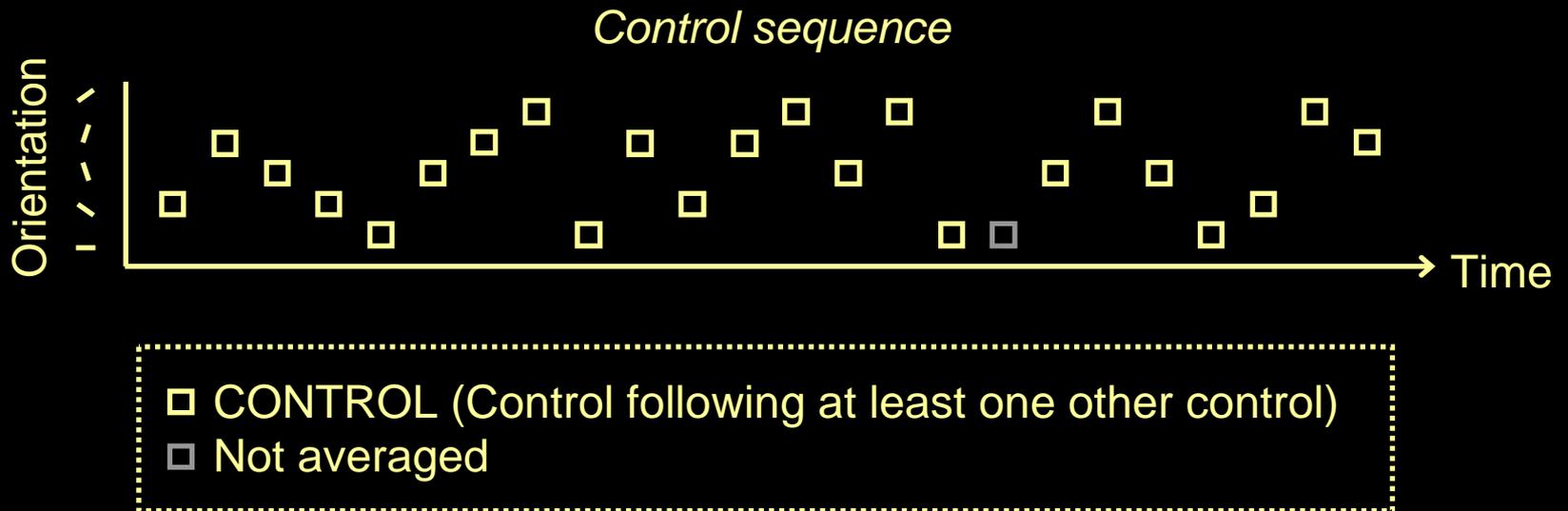


- 1ST-DEVIANT (Deviant following at least one standard)
- 2ND-DEVIANT (Deviant immediately following 1ST-DEVIANT)
- 1ST-STANDARD (Standard immediately following 1ST-DEVIANT)
- 2ND-STANDARD (Standard immediately following 1ST-STANDARD)
- STANDARD (Standard following at least two standards)
- Not averaged

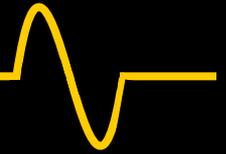
実験2: 方法



Procedure

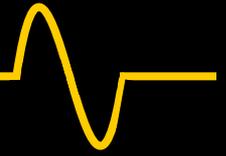


実験2: 方法

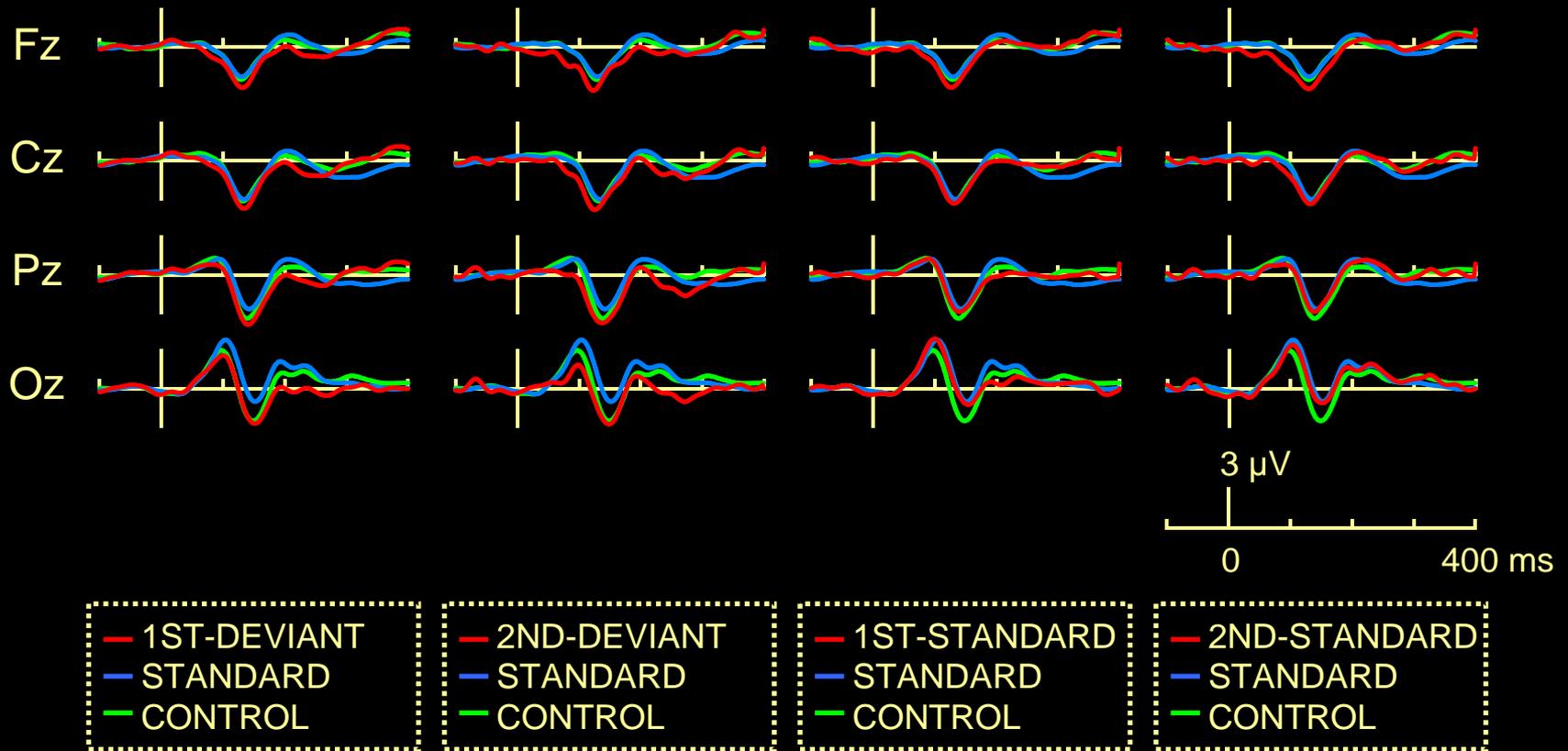


	1ST-DEV (SD)	2ND-DEV (DD)	1ST-STD (DS)	2ND-STD (SS)
感覚記憶痕跡仮説 (Sを保持)	vMMN	vMMN	-----	-----
規則性仮説 (SSを保持)	vMMN	vMMN	vMMN	-----

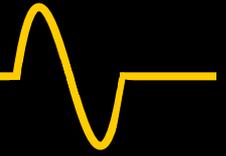
実験2: 結果



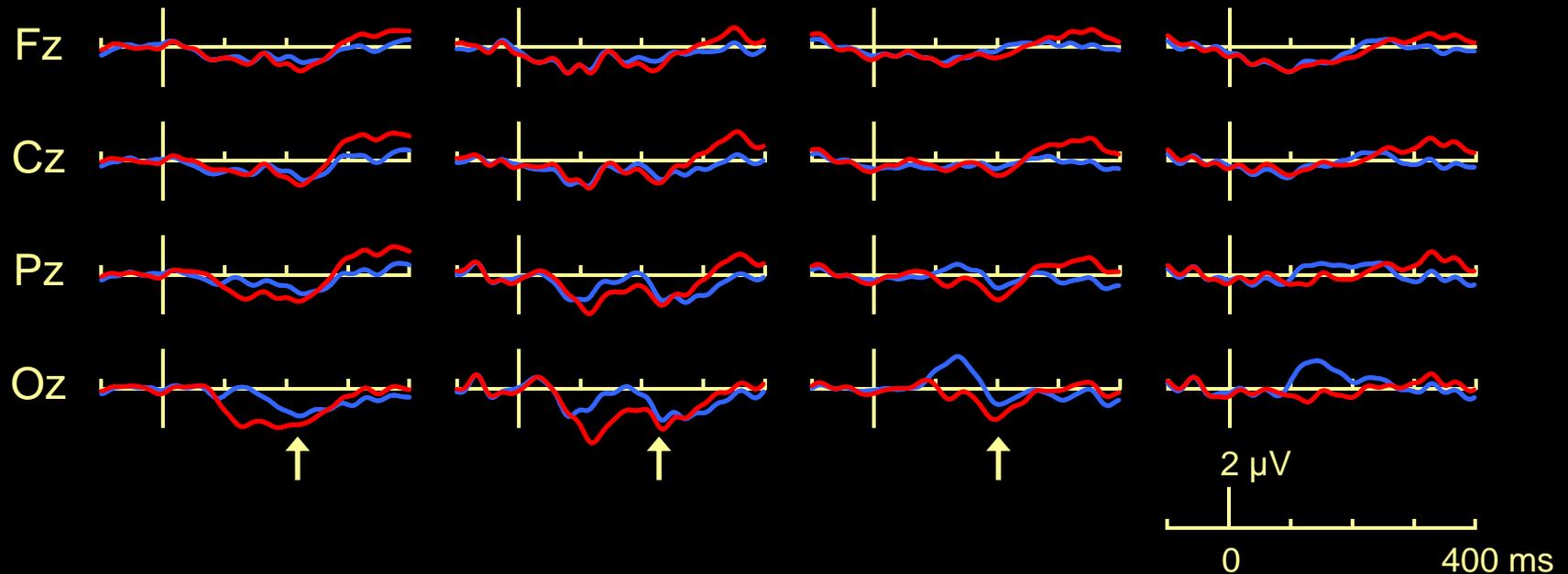
Grand averaged ERPs



実験2: 結果



Grand averaged difference waves



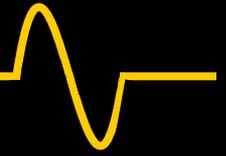
— 1ST-DEVIANT
— STANDARD
— 1ST-DEVIANT
— CONTROL

— 2ND-DEVIANT
— STANDARD
— 2ND-DEVIANT
— CONTROL

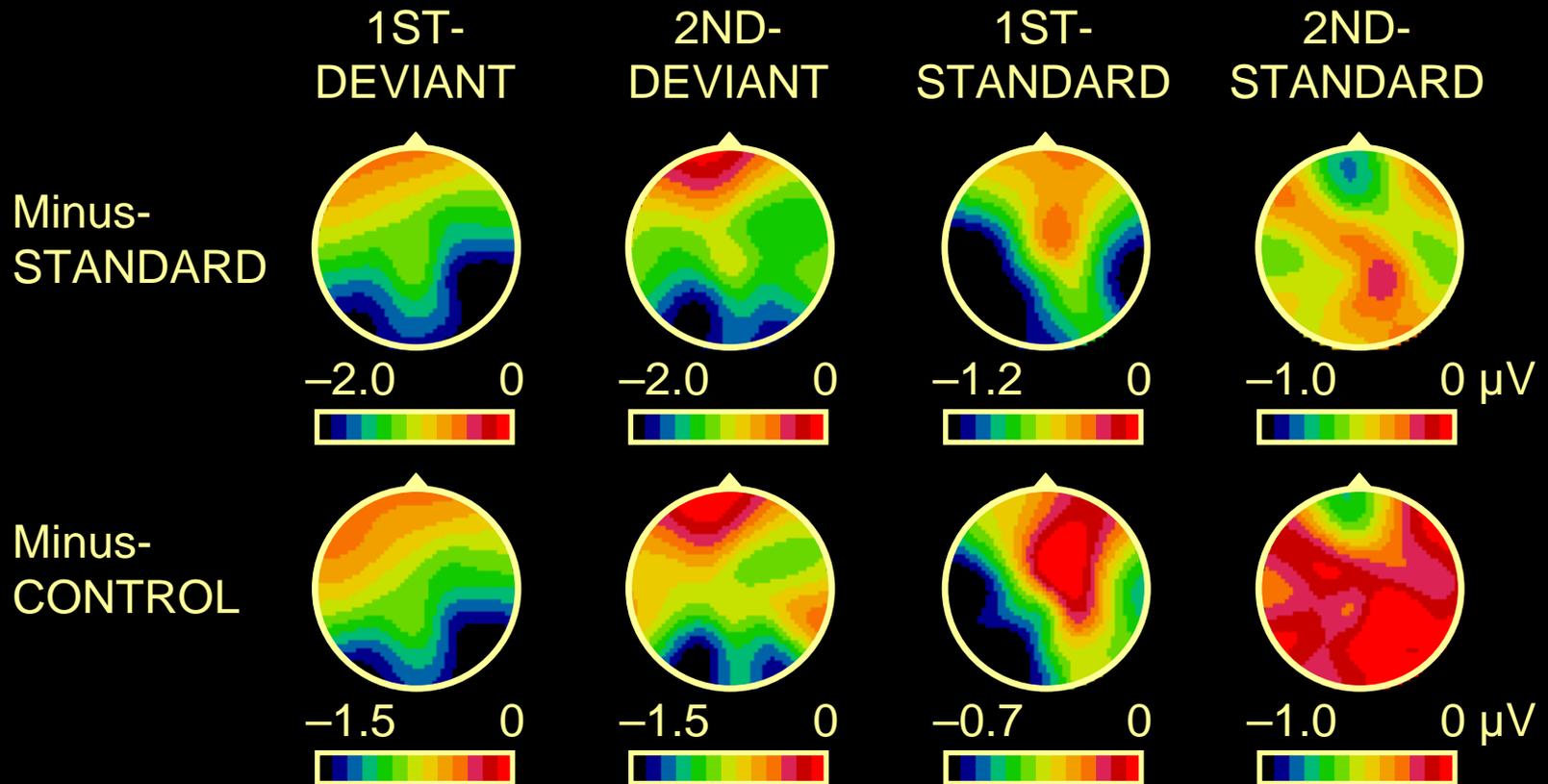
— 1ST-STANDARD
— STANDARD
— 1ST-STANDARD
— CONTROL

— 2ND-STANDARD
— STANDARD
— 2ND-STANDARD
— CONTROL

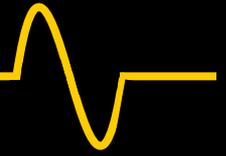
実験2: 結果



Topographical maps of difference waves

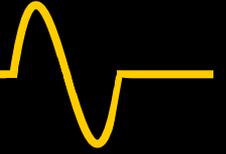


実験2: 考察



	1ST-DEV (SD)	2ND-DEV (DD)	1ST-STD (DS)	2ND-STD (SS)
感覚記憶痕跡仮説 (Sを保持)	vMMN	vMMN	-----	-----
規則性仮説 (SSを保持)	vMMN	vMMN	vMMN	-----

実験2: 結論



記憶表象(R')には, 規則性
(単純な具体的ルール, SS)が自動的に保持されうる

実験3:

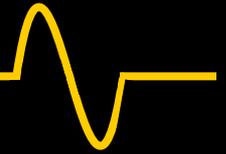
規則性(複雑な具体的ルール)の自動的保持

Kimura, Widmann, & Schröger
(in preparation)

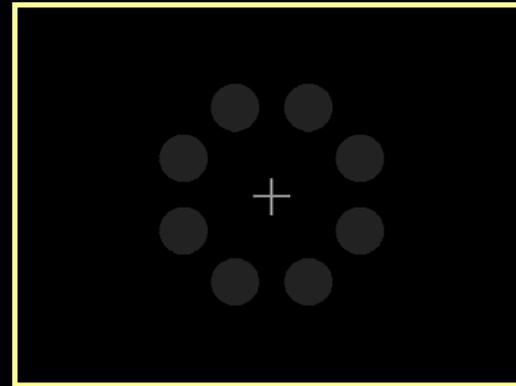
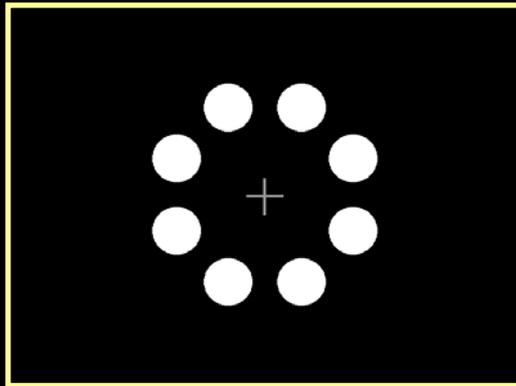
実験3: 序論

より複雑な具体的ルール(SSSSD)は、記憶表象(R')
に自動的に保持されるか？

実験3: 方法



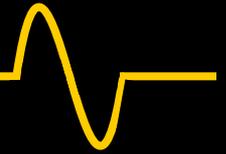
Stimuli: 2 stimuli (2 types of luminance/contrast)



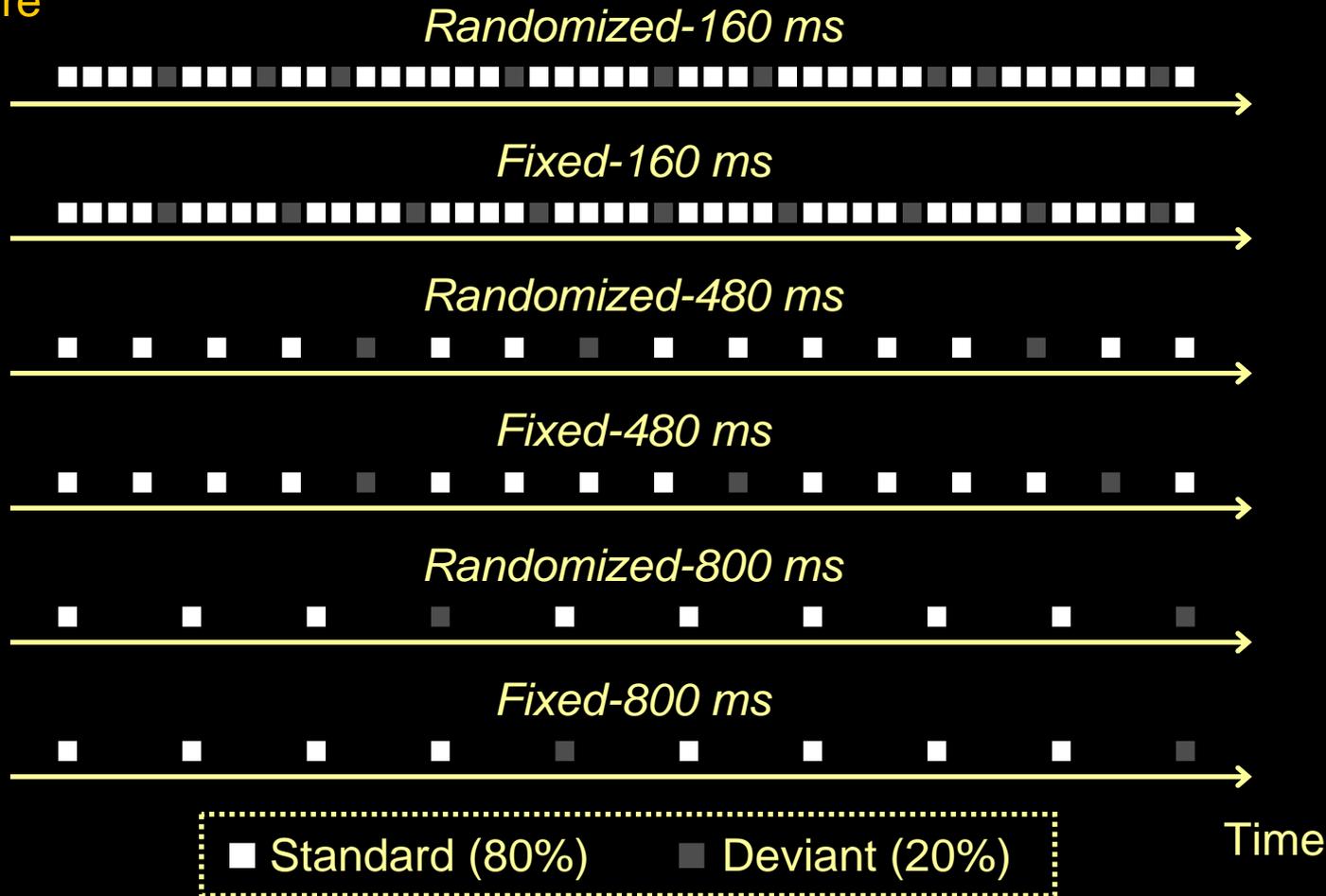
Procedure: 6 conditions defined by 2 sequences (Randomized, Fixed) x 3 SOAs (160, 480, 800 ms) (Dur.: 80 ms)

Task: Selective response to sudden fixation cross changes

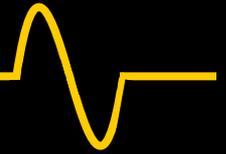
実験3: 方法



Procedure

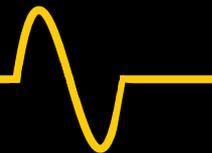


実験3: 方法

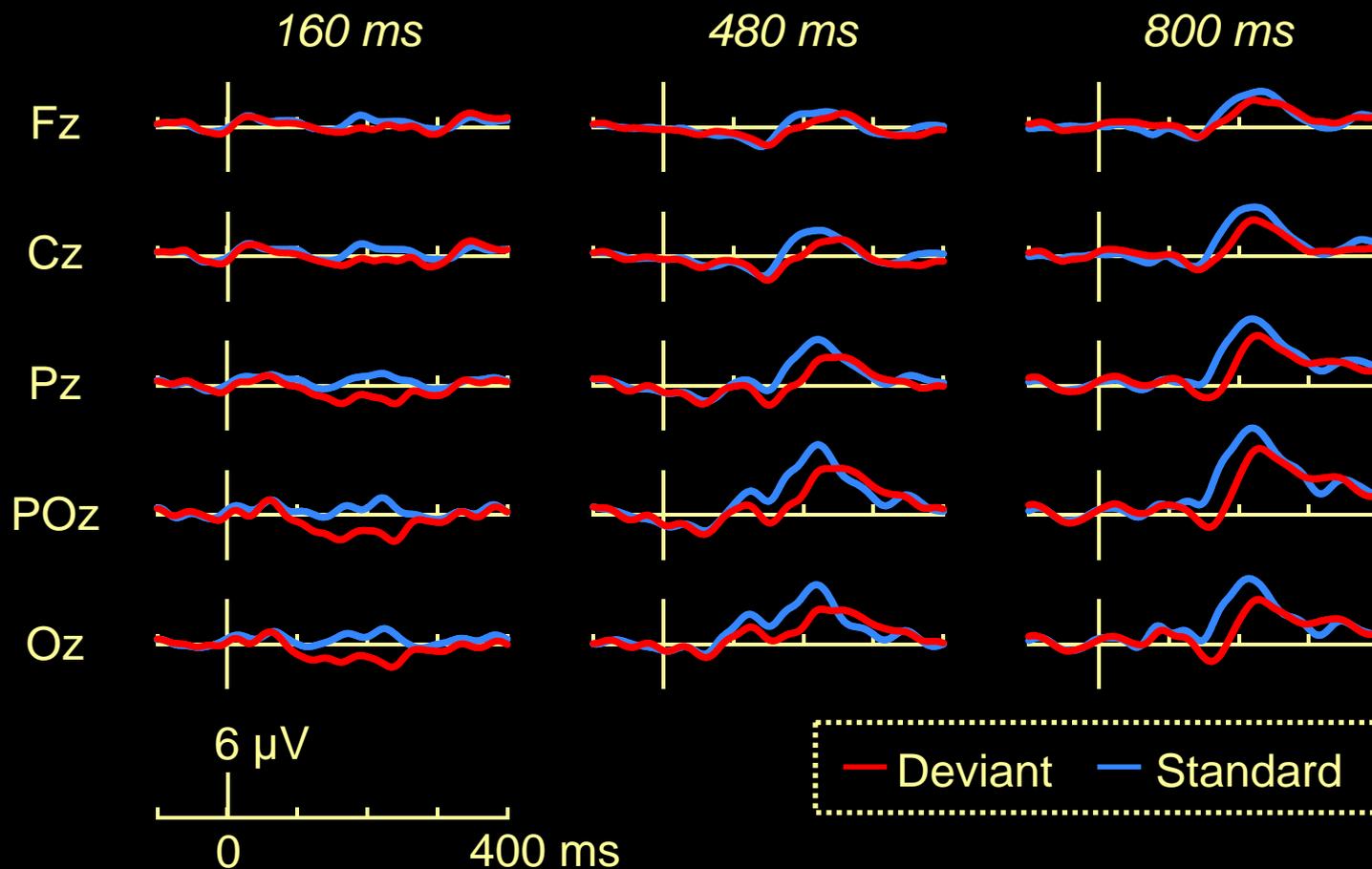


		Randomized	Fixed
SSSSDの保持: ×	160 ms	vMMN	vMMN
	480 ms	vMMN	vMMN
	800 ms	vMMN	vMMN
SSSSDの保持: ○	160 ms	vMMN	-----
	480 ms	vMMN	-----
	800 ms	vMMN	-----

実験3: 結果

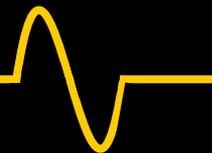


Grand averaged ERPs (*Randomized*)

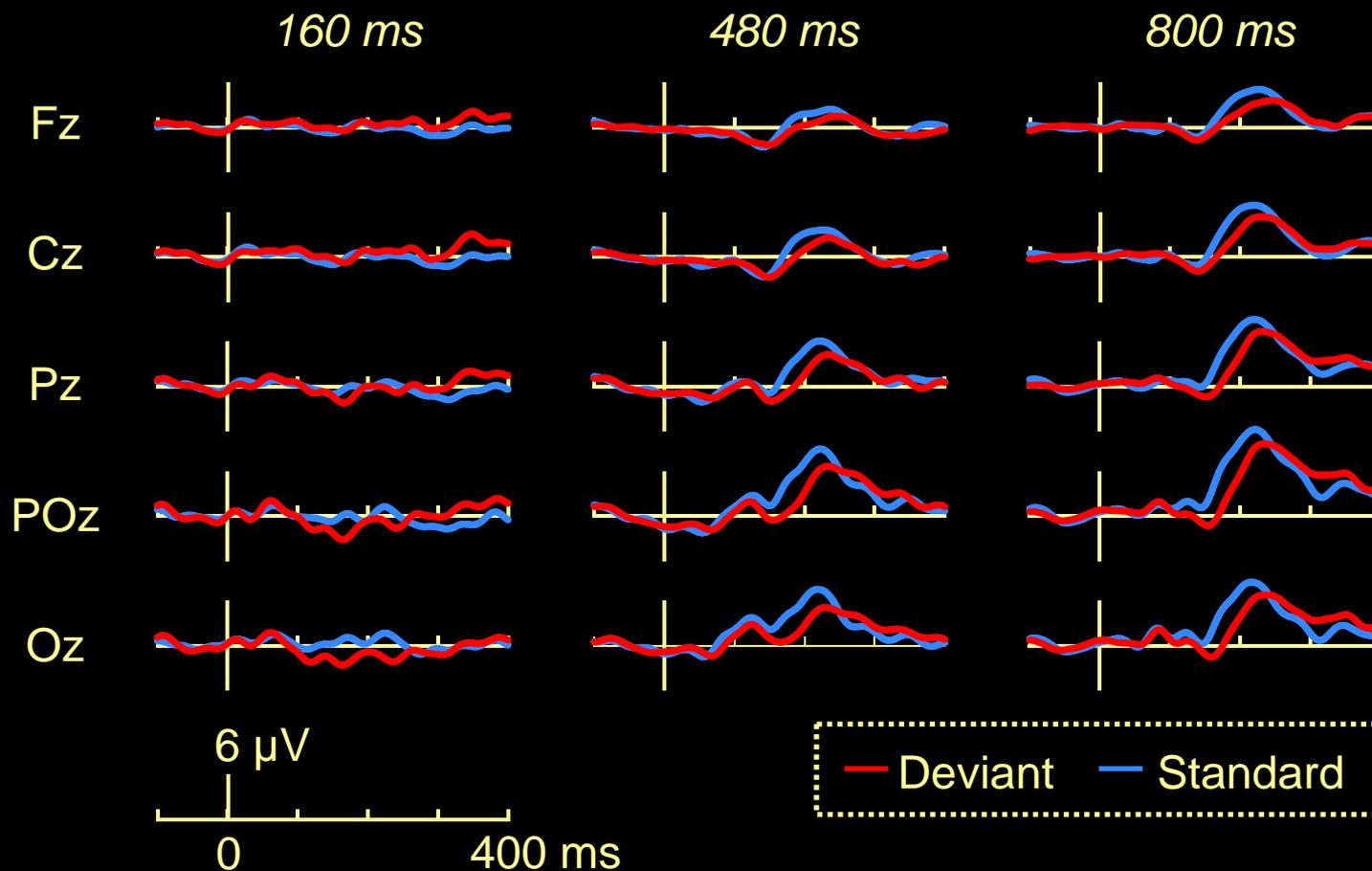


Kimura, Widmann, & Schröger (in prep.)

実験3: 結果

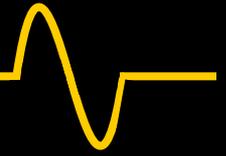


Grand averaged ERPs (*Fixed*)

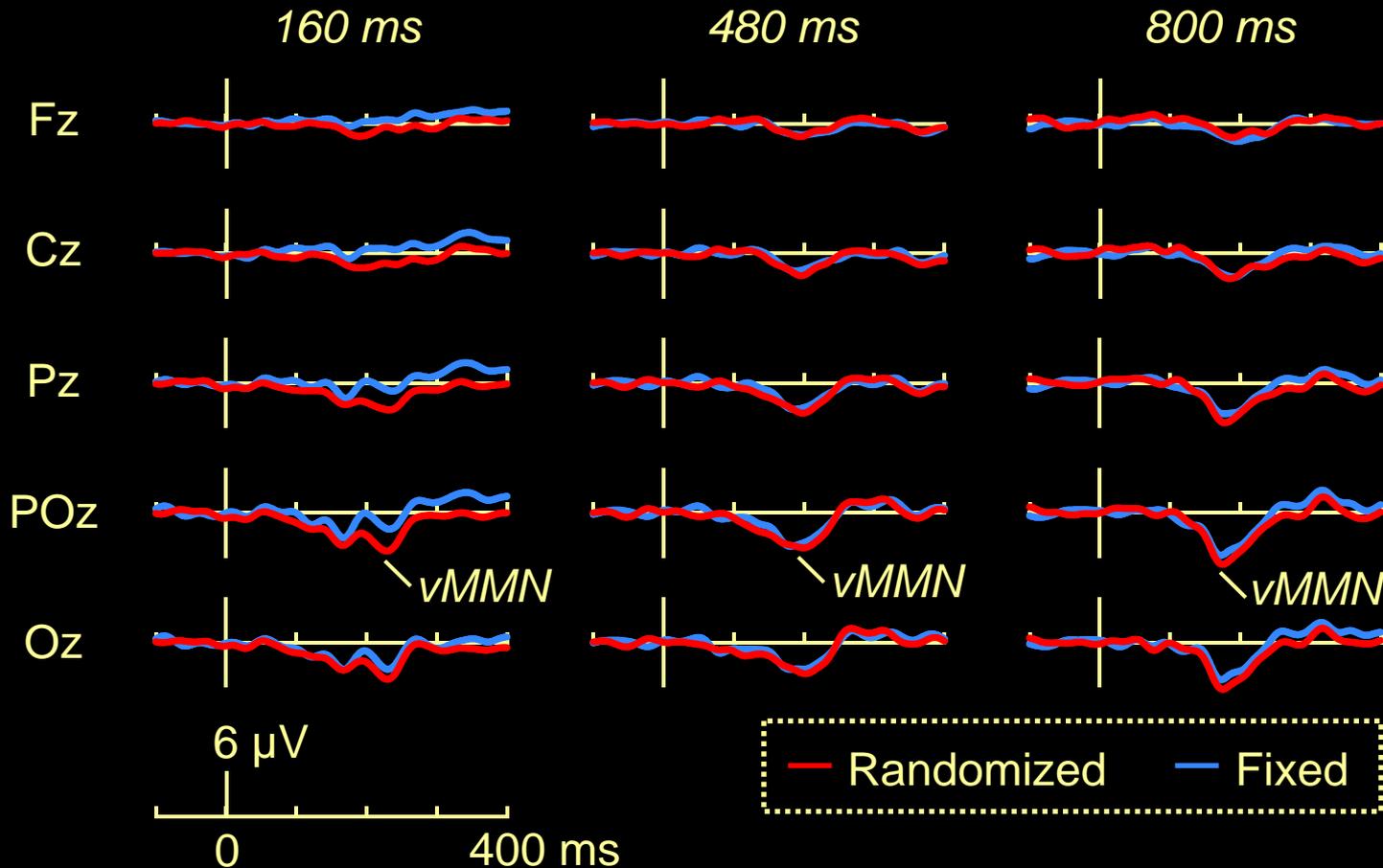


Kimura, Widmann, & Schröger (in prep.)

実験3: 結果

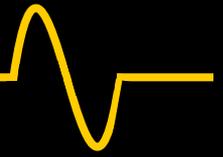


Grand averaged difference waves

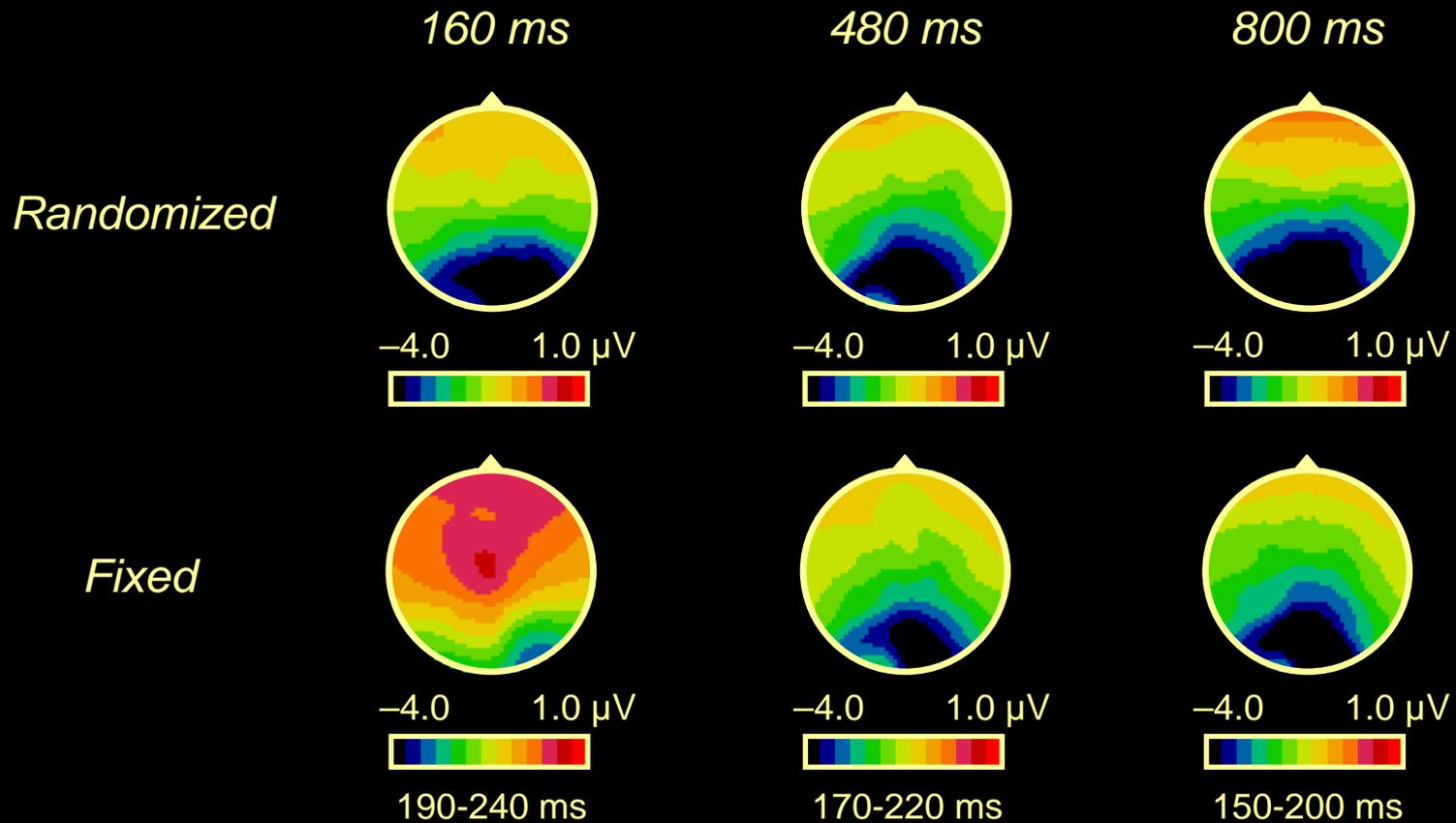


Kimura, Widmann, & Schröger (in prep.)

実験3: 結果

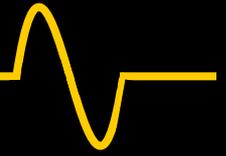


Topographical maps of difference waves



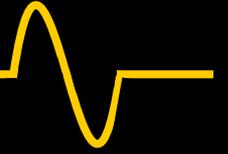
Kimura, Widmann, & Schröger (in prep.)

実験3: 考察



		Randomized	Fixed
SSSSDの保持: ×	160 ms	vMMN	vMMN
	480 ms	vMMN	vMMN
	800 ms	vMMN	vMMN
.....			
SSSSDの保持: ○	160 ms	vMMN	-----
	480 ms	vMMN	-----
	800 ms	vMMN	-----

実験3: 結論



記憶表象(R')には, 規則性(複雑な具体的
ルール, SSSSD)が自動的に保持されうる

実験4:

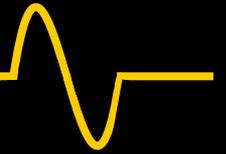
規則性(抽象的ルール)の自動的保持

Kimura, Stefanics, & Czigler
(in preparation)

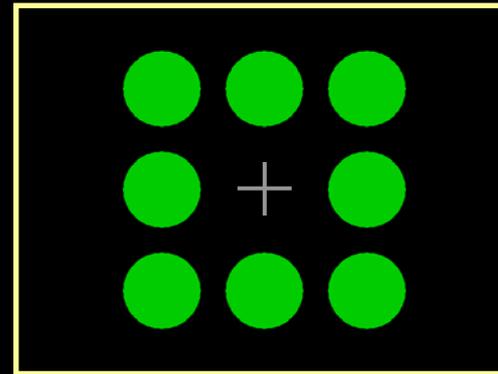
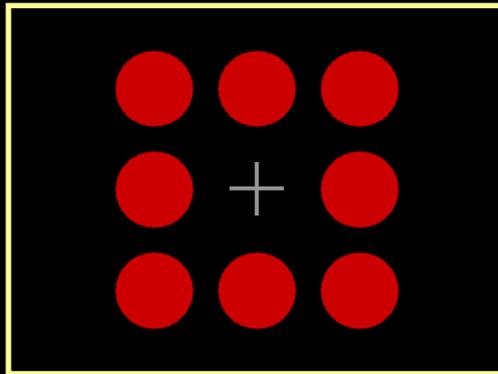
実験4: 序論

抽象的なルール(ある刺激の次には同じ刺激がくる, XX)
は, 記憶表象(R')に自動的に保持されうるか?

実験4: 方法



Stimuli: 2 stimuli (2 types of color)

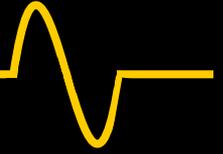


Procedure: 3 probability conditions (Change:No change = 50:50, 30:70, 10:90).

S1 (100 ms) - Blank (300 ms) - S2 (100 ms) – Blank (800 ms)

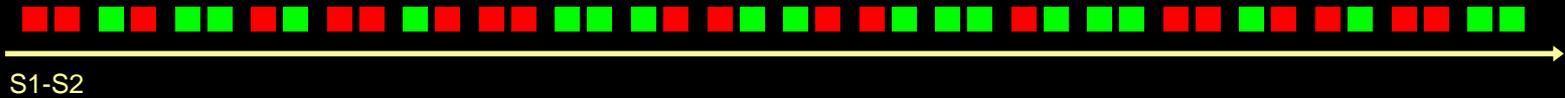
Task: Selective response to sudden fixation cross changes

実験4: 方法



Procedure

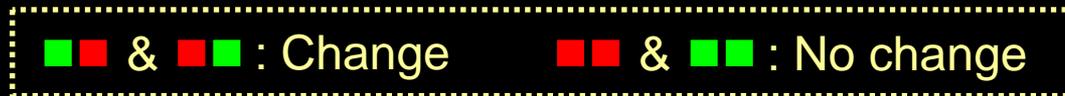
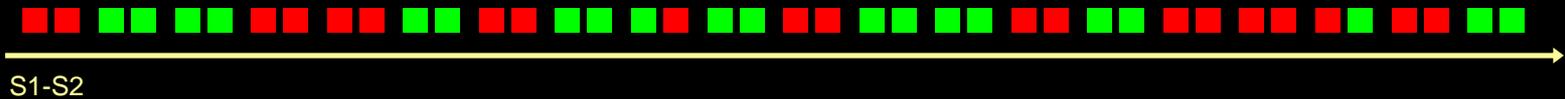
Change:No change = 50:50 condition



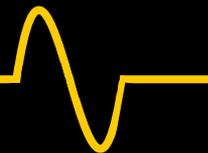
Change:No change = 30:70 condition



Change:No change = 10:90 condition

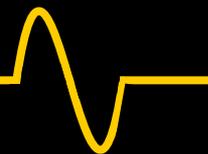


実験4: 方法

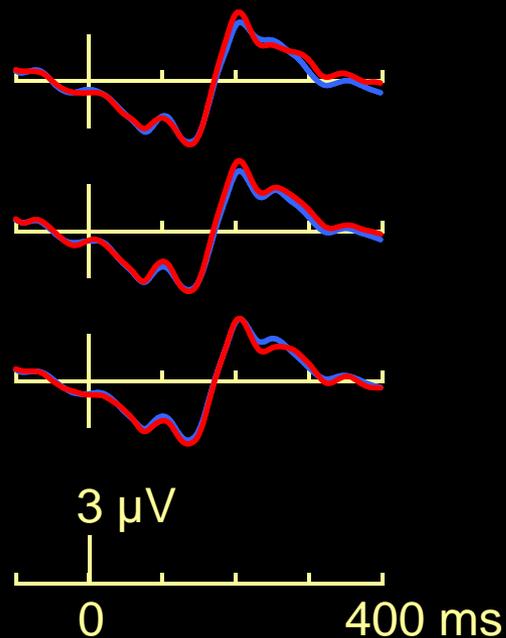


	50:50	30:70	10:90
XXの保持: ×	-----	-----	-----
XXの保持: ○	-----	-----	vMMN

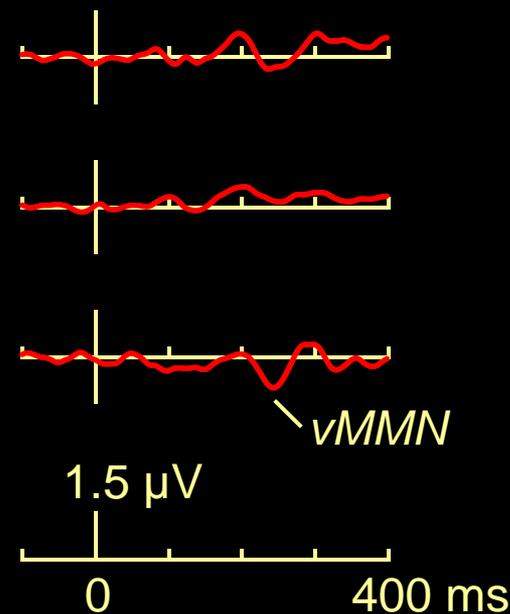
実験4: 結果



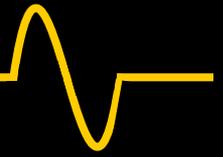
Grand averaged ERPs (Oz)



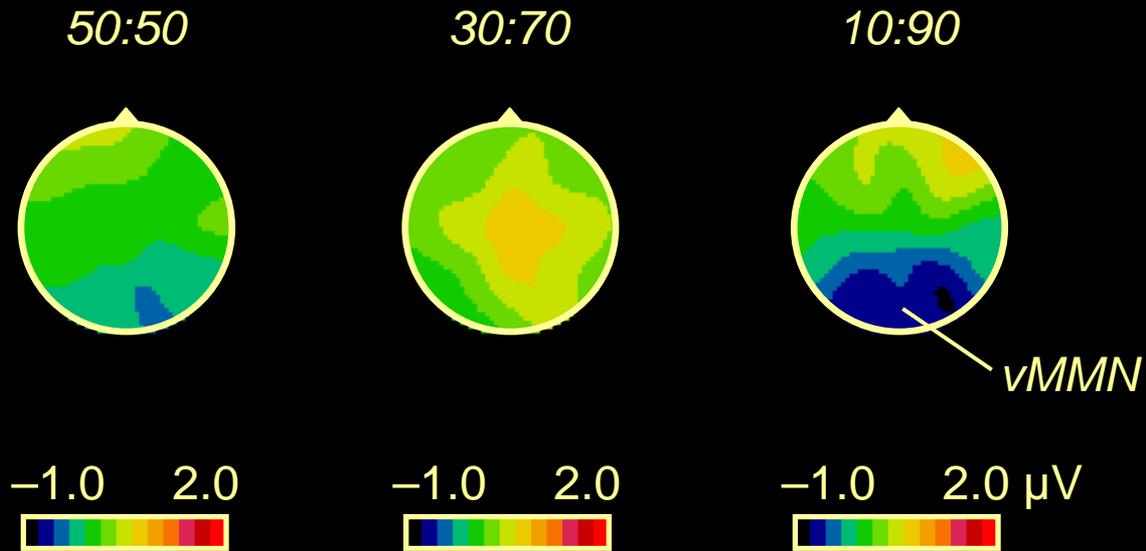
Difference waves (Oz)



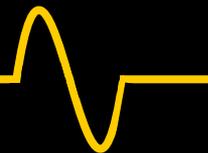
実験4: 結果



Topographical maps of difference waves (230-250 ms)

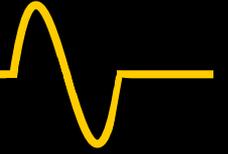


実験4: 考察



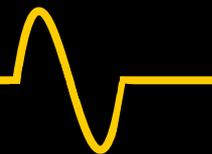
	50:50	30:70	10:90
XXの保持: ×	-----	-----	-----
XXの保持: ○	-----	-----	vMMN

実験4: 結論



記憶表象(R')には, 規則性
(抽象的ルール, XX)が自動的に保持されうる

実験結果のまとめ



実験1) 視覚における記憶ミスマッチ: vMMN

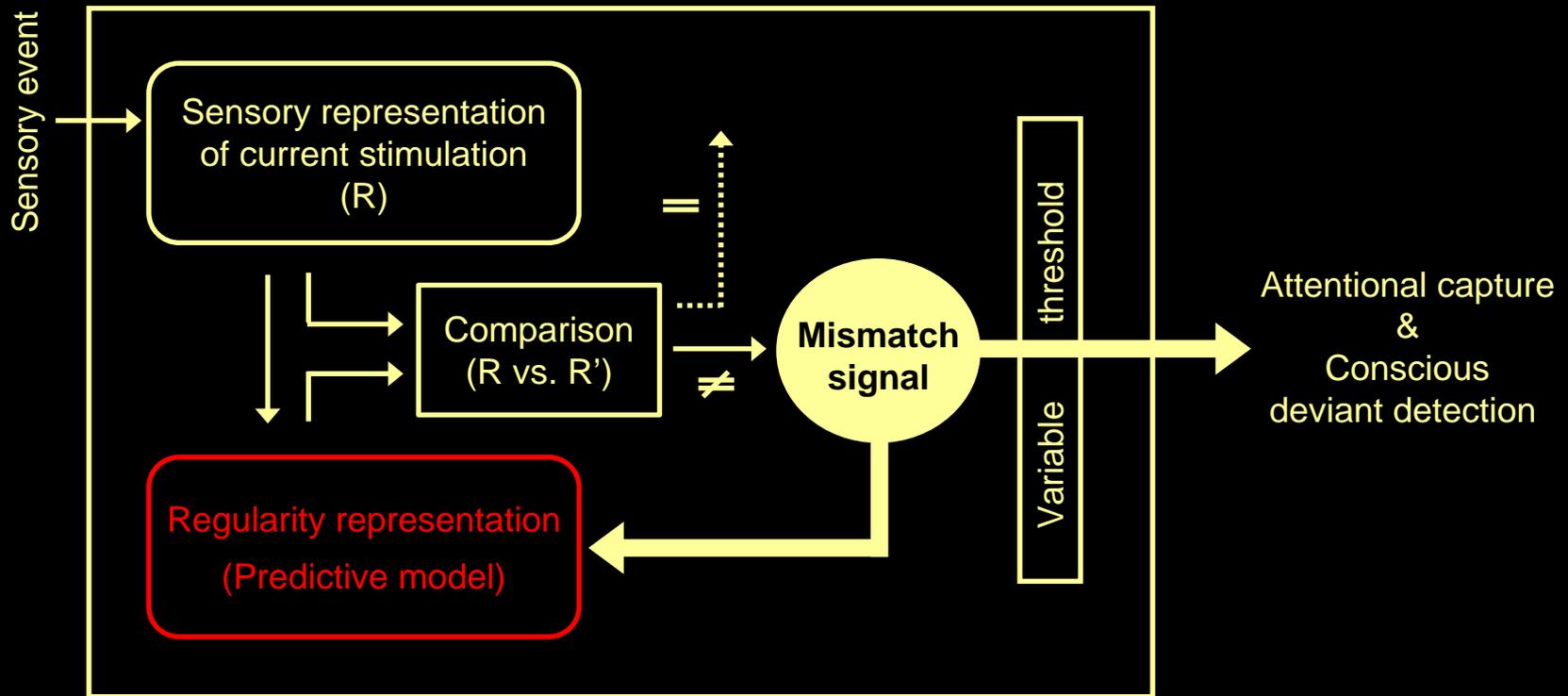
実験2) 規則性(単純な具体的ルール, SS)の自動的保持

実験3) 規則性(複雑な具体的ルール, SSSSD)の自動的保持

実験4) 規則性(抽象的ルール, XX)の自動的保持

実験結果のまとめ

動的な規則性・ルールが保持されている(規則性仮説)

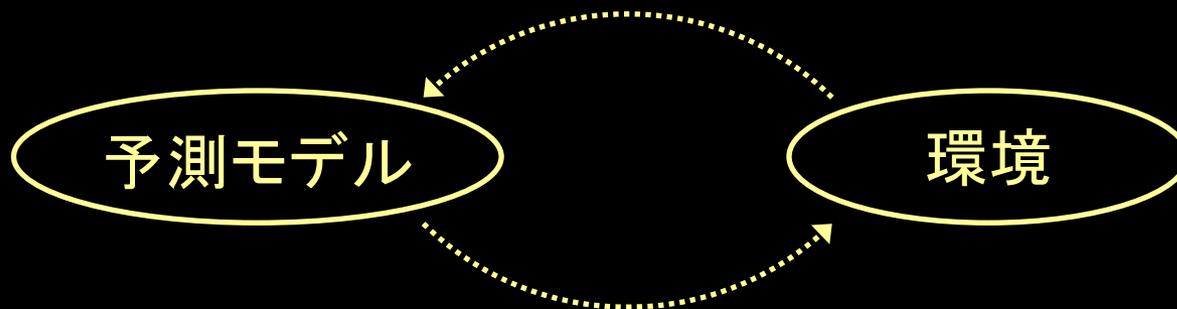


実験結果のまとめ

視覚システムにおける規則性表象・予測モデル

視覚システムにおける, これまで考えられてきた以上に高次な (アクティブで未来志向な) 自動的情報処理.

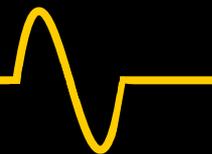
意図せずとも, 記憶をもとに予測モデルを立て, それと合致しない情報を検出することでそのモデルを随時更新し, 変化に富んだ環境での適応を達成しているダイナミックなシステム.



おわりに



おわりに



入戸野先生からの質問：
面白い研究をするためにはいま何が必要だろうか？

答え：
「脳」とは何か，
についての大きな仮説・トップダウン的視点を！
(e.g., 脳＝階層的な予期・予測システム？)

おわりに

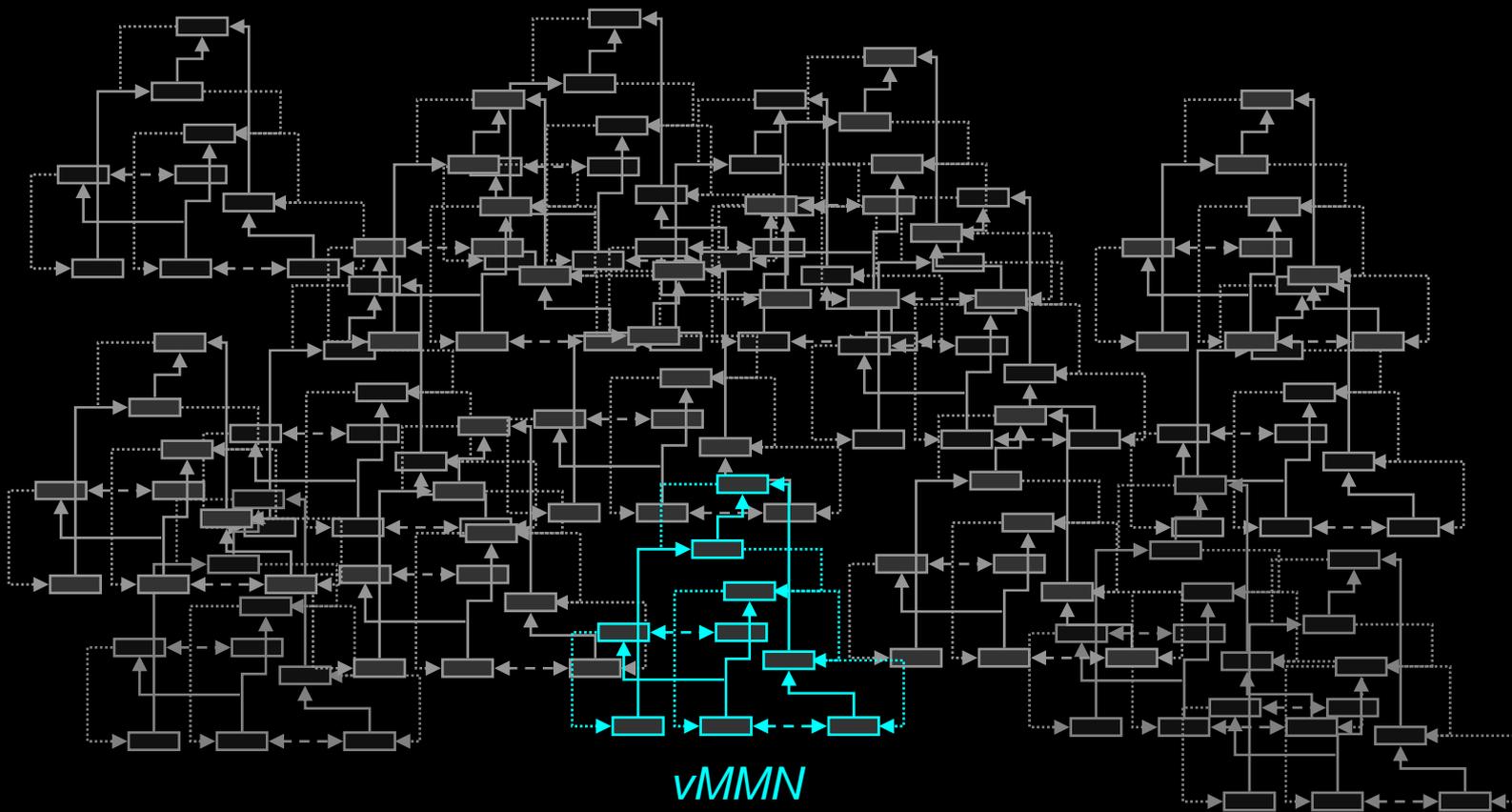
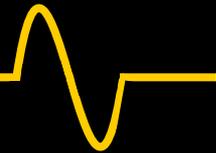
脳を知りたい！しかし...



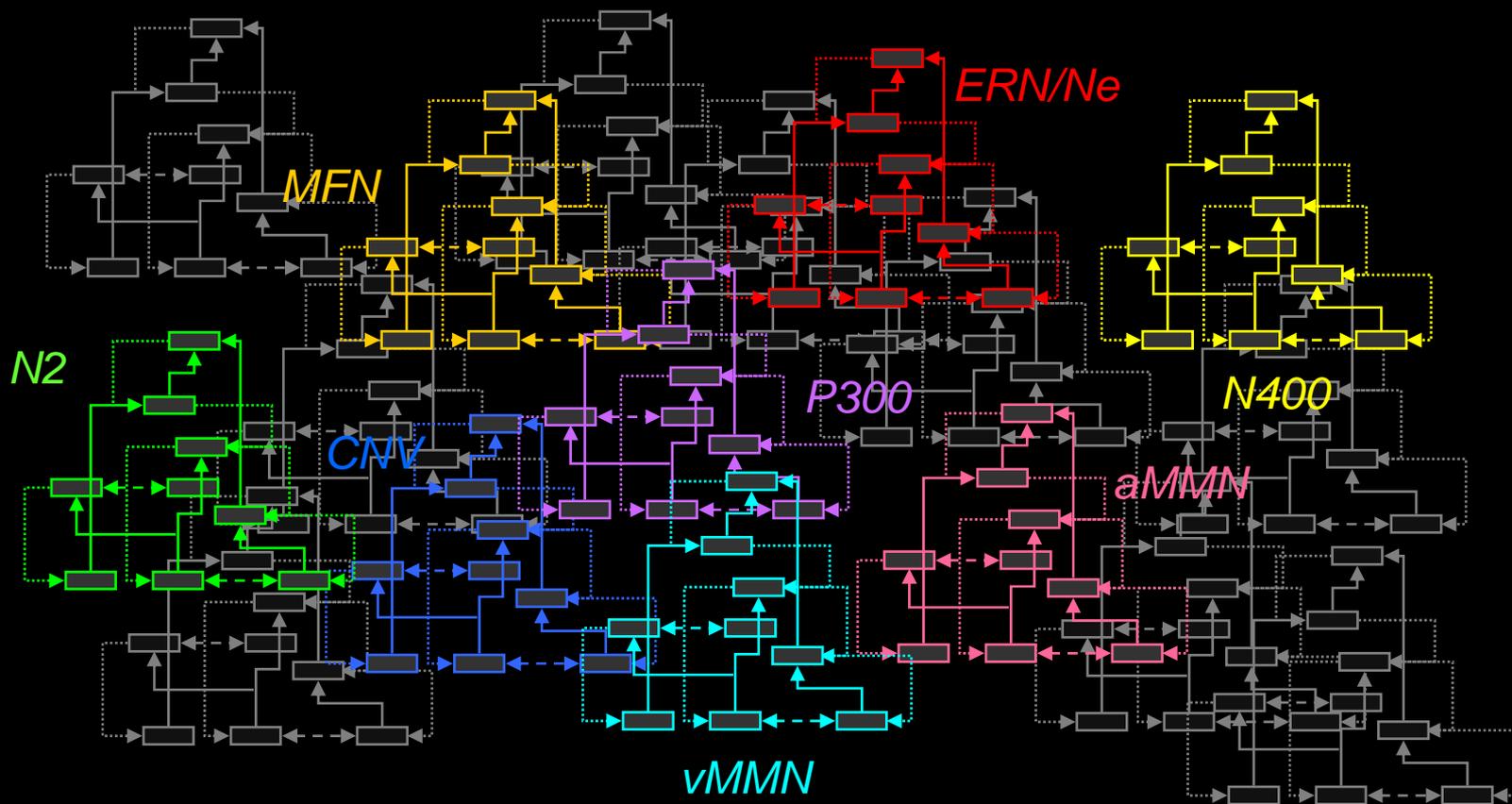
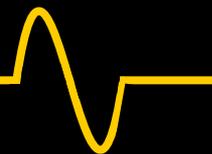
脳に関する膨大なデータ, 領域ごとに異なる専門用語,
複雑な解剖学的構造, 様々な手法, etc...

とりあえずは限られた研究領域でやってみるか...

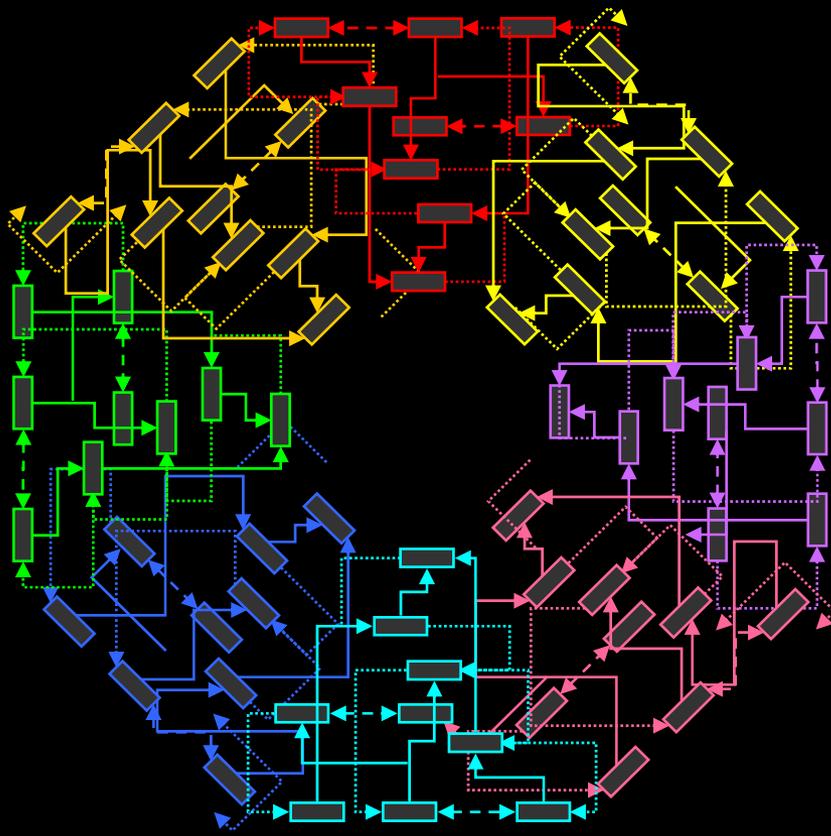
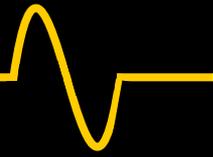
おわりに



おわりに



おわりに



おわりに

PHILOSOPHICAL
TRANSACTIONS
OF
THE ROYAL
SOCIETY

B

Phil. Trans. R. Soc. B (2005) **360**, 815–836
doi:10.1098/rstb.2005.1622
Published online 29 April 2005

A theory of cortical responses

Karl Friston*

*The Wellcome Department of Imaging Neuroscience, Institute of Neurology, University College London,
12 Queen Square, London WC1N 3BG, UK*



Opinion

TRENDS in Cognitive Sciences Vol.11 No.7

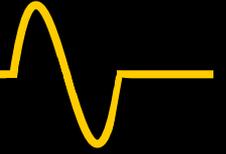
Full text provided by www.sciencedirect.com
ScienceDirect

The proactive brain: using analogies and associations to generate predictions

Moshe Bar

Martinos Center for Biomedical Imaging at MGH, Harvard Medical School, 149 Thirteenth Street, Charlestown, MA 02129, USA

おわりに

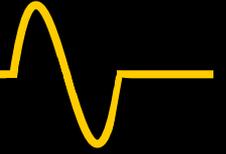


入戸野先生からの質問：
面白い研究をするためにはいま何が必要だろうか？

答え：
「脳」とは何か，
についての大きな仮説・トップダウン的視点を！
(e.g., 脳＝階層的な予期・予測システム？)

自分でも面白いし，他の研究者にとっても
面白い研究ができるのでは！

共同研究者



Andreas Widmann (*University of Leipzig*)

Dagmar Müller (*University of Leipzig*)

Erich Schröger (*University of Leipzig*)

Gabor Stefanics (*Hungarian Academy of Sciences*)

Harumitsu Murohashi (*Hokkaido University*)

Hideki Ohira (*Nagoya University*)

István Czigler (*Hungarian Academy of Sciences*)

Jun'ichi Katayama (*Kwansei Gakuin University*)