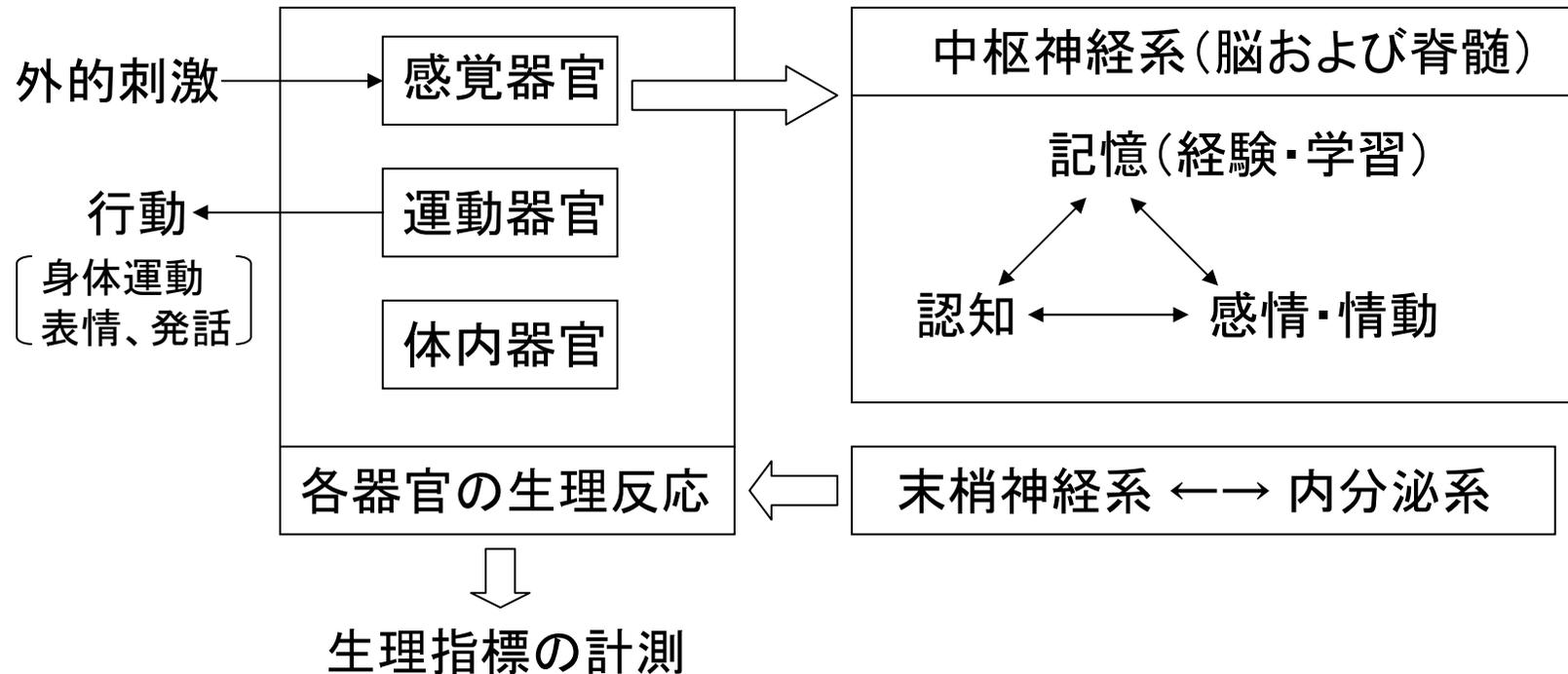

Ⅲ. 心理生理学の基礎知識とHI応用

- 感情のモデルと情報行動計測
- 心理生理的計測の基礎知識
 - 脳波、心拍、皮膚電位反応
 - 眼球運動、瞳孔運動
- アフェクティブインタフェースへの発展

情報行動計測

- 認知行動／感情反応
- 行動（身体運動、表情、発話等）
- 生理指標
- （主観報告）



感情の捉え方

感情の四つの視点

学説	おもな考え方	主唱者	現代の研究者
ダーウィン説	感情は適応機能の現れで普遍的である	ダーウィン	エクマン (FACS)
ジェームズ説	感情は身体的反応の現れ	ジェームズ	レヴィンソン
認知説	感情は評価に基づく	アーノルド	スミスとラザルス
社会的構築主義説	感情は社会的目的に寄与する社会的構築体である	エイウェイル	スミスとクライマン

感情の定義、説明の仕方、研究の方法により異なる

感情の計算モデル

- **第一次感情**
 - 生得的なもの
 - 外的刺激により反射的に生じる感情
- **第二次感情**
 - 後天的なもの
 - 特定の対象・状況をカタログ化した結果、認知的に生じる感情
- シグナル

シグナル	身体的変化
他人に見えるもの (見えるシグナル)	顔の表情、声の抑揚、身振り、姿勢、視線の変化、瞳孔拡大
他人に見えないもの (見えないシグナル)	呼吸、心拍、体温、皮膚電位、筋電位、血圧

感情の分類

定義と同様に明確な分類法はない

- 情動 (Affect) と気分 (Feeling or Mood)

情動: 強い、持続時間が短い

気分: 弱い、持続時間が長い

- 基本感情とその組合せ

5感情 — 喜び、怒り、悲しみ、嫌悪、恐れ

6感情 — 喜び、怒り、悲しみ、驚き、嫌悪、恐れ

8感情、10感情、32感情(基本8×4) など

- 3次元軸表現

快—不快、覚醒—無覚醒、支配—服従

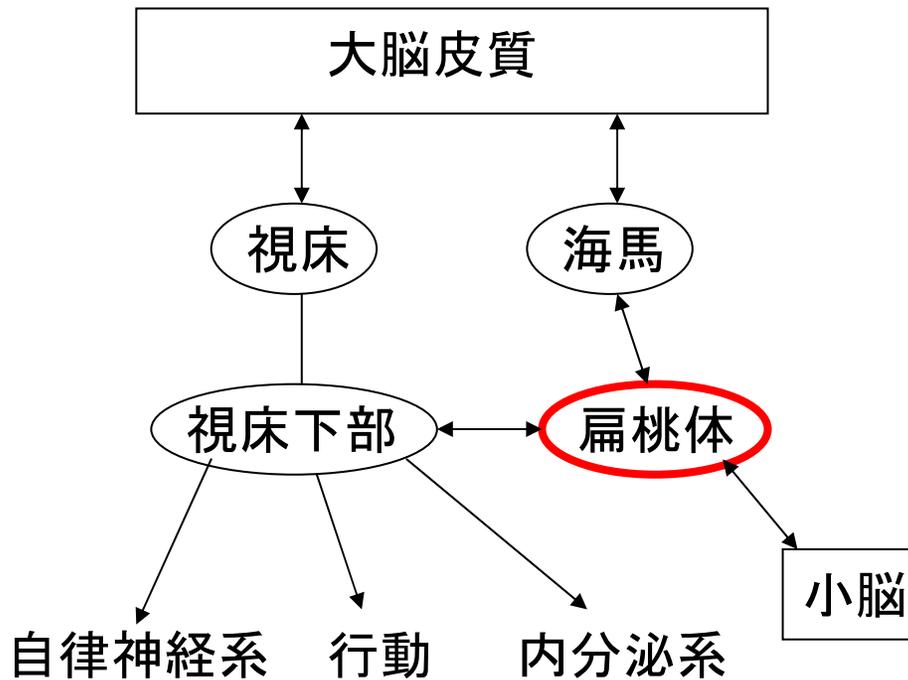
快—不快、緊張—眠り、 注目—拒否 など

情動と身体反応

- 情動の種類
 - 気分: 弱くて長続きするもの
 - 情緒: 強くて一時的なもの(感情)
 - 受容の側面(感情を認識・理解する)
 - 表出の側面(情動反応)
- ジェームス・ランゲ説(末梢説)
 - 自律神経系の変化 → 情動の経験
 - 泣くから悲しい、逃げるから怖い
- キャノン・バード説(中枢説)
 - 脳の情動経験 → 末梢の変化
 - 悲しいから泣く、怖いから逃げる

情動を理解する神経回路のモデル

- 情動には**扁桃体**が関与



- ①一次的な**反射システム**
視床下部からの情報による
素早く反射的な情動反応
 - ②二次的な**学習システム**
感覚を処理する皮質からの
情報を調整し受容理解する
- ①何かに驚いて大声を上げる
↓
②何が起こったのかを理解する

情動を表出する身体反応の生理指標

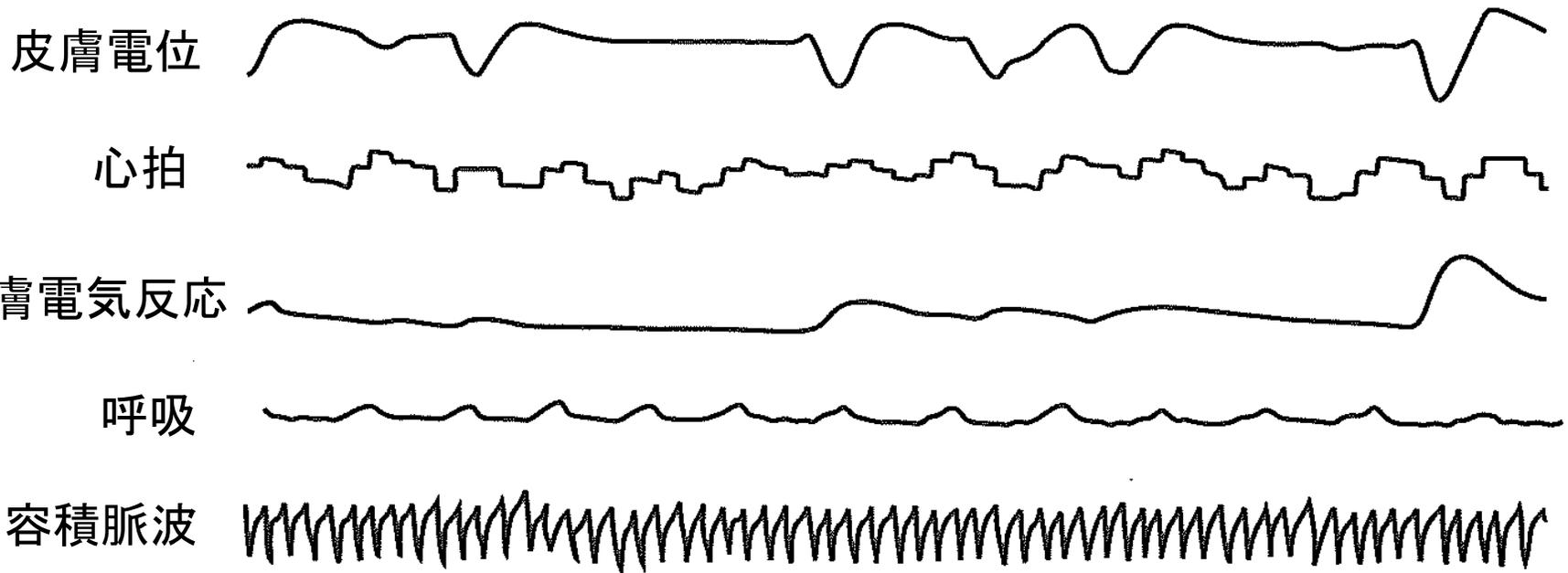
- **心理生理学**

- 心理学的条件の変化に対応する生理的状态の変化を研究する

- **身体全体の情動反応**

- 心拍、呼吸数、皮膚温、血流量、血圧、筋肉緊張、皮膚電気活動など

- ポリグラフ(Polygraphにより測定)



心理生理学的計測(1)

系	生理指標	生体活性度		ストレス		MWL	疲労度 ◎眼精
		覚醒度	生体リズム	恒常性	一過性		
循環系	心電図、心拍数		○		○	○	
	血圧、脈圧				○	○	
	容積脈波				○	○	
	血中O ₂ /CO ₂ 濃度						○
呼吸系	呼吸数				○	○	
	呼気中O ₂ /CO ₂ 濃度						○
脳神経系	脳電位図	○			○	○	
	誘発電位図				○	○	
	CNV				○	○	
視覚系	眼球電位	○				○	◎
	瞬目					○	◎
	瞳孔径					○	◎
	焦点位置					○	◎

心理生理学的計測(2)

系	生理指標	生体活性度		ストレス		MWL	疲労度 ◎眼精
		覚醒度	生体リズム	恒常性	一過性		
身体 運動系	筋電位、誘発筋電位 身体各部運動軌跡 (重心位置など)					○	○ ○
生理 代謝系	皮膚電気活動 フリッカー値 体温、直腸温、鼓膜温 顔面皮膚温度分布 発汗量	○ ○	○ ○		○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	◎ ○ ○
内分泌 系	カテコールアミン、コルチゾル			○	○		

心理生理学における諸概念

心理生理学的概念	意味
初期値の法則	ある刺激または場面で特定の生理反応は、その刺激前の水準に依存し、その水準が高いほど与えられた刺激に対する反応は減少する
自律系均衡	交感神経系と副交感神経系のどちらが支配するかは人によって変わってくる
賦活	人のパフォーマンスは、生理的活動水準によって変わる。この生理的活動水準を賦活度または覚醒度というが、賦活度とパフォーマンスとの間には逆U字型の相関がある
刺激反応特殊性	人の心拍、呼吸、血圧、皮膚電位などの生理反応は、特定の刺激事態に応じてパターン化され、刺激事態の際によってパターンは変わる (単一の刺激事態に対する多数の人の反応傾向)
個体反応特殊性	特定の人にはほとんどの刺激に対して特徴的な反応を持つ (多様な刺激事態に対する個人の反応パターンの一貫性)
心臓－身体仮説	心臓反応と課題遂行に無関係な進行中の身体活動の抑制の間には相関がある
順応	同一刺激の反復提示により生理的反応性が減少する
リバウンド	強い刺激後の生理的変数は、その刺激によって生じた水準とは逆の方向に刺激前の水準以下に戻る



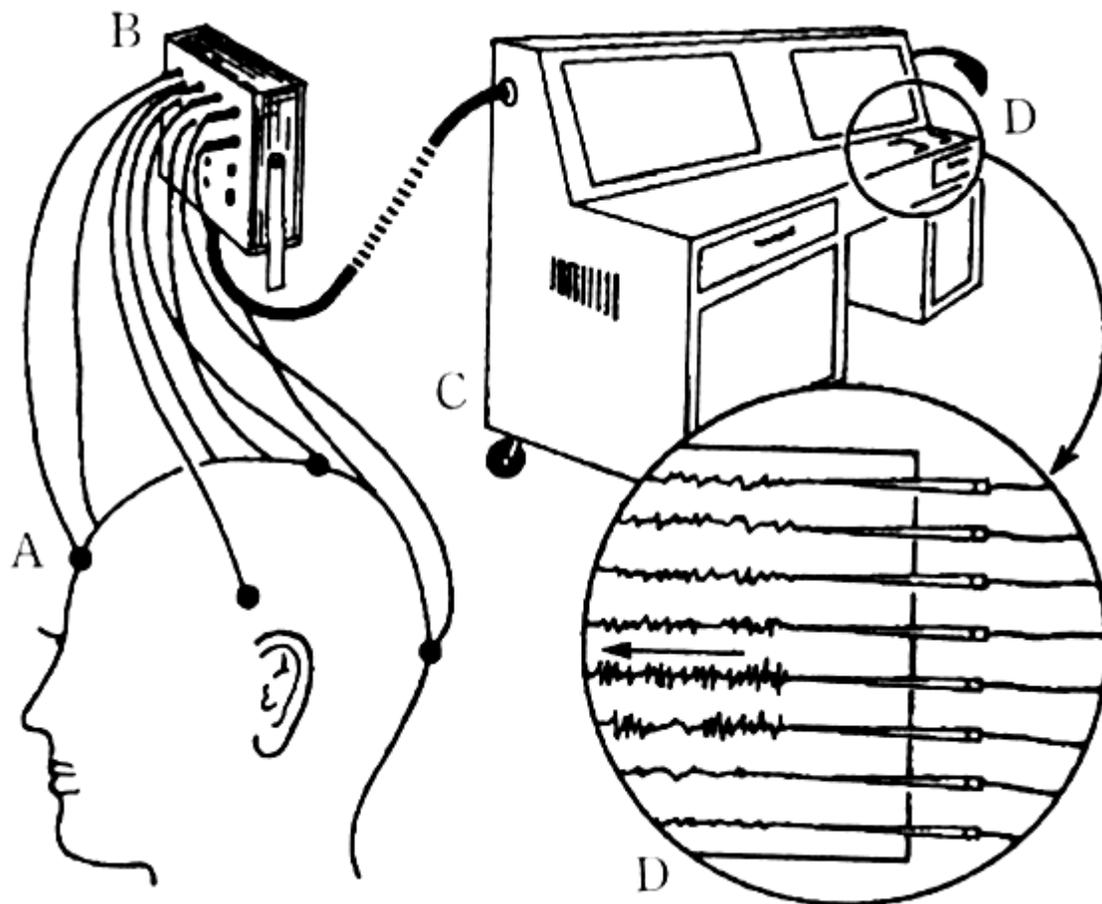
実験計画、実験結果の分析時に要注意

生理指標の測定法

- 生理指標の測定方法
 - 脳波
 - 心拍
 - 皮膚電気活動
 - 眼球運動
 - 瞳孔運動(瞳孔径変化)

脳波の測定

脳波: 0.5Hz~60Hz、数~100 μ V程度



外部雑音対策

電源(ハム)
導電性マット
アース

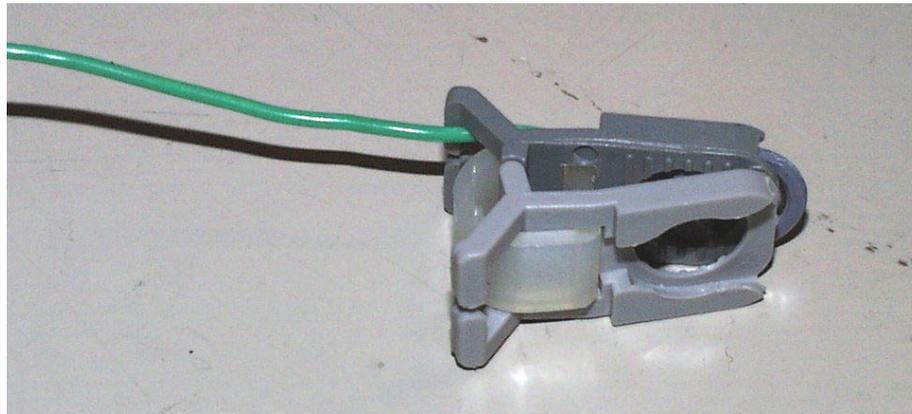
脳波計の電極

頭皮上に装着する電極

銀-塩化銀
電極



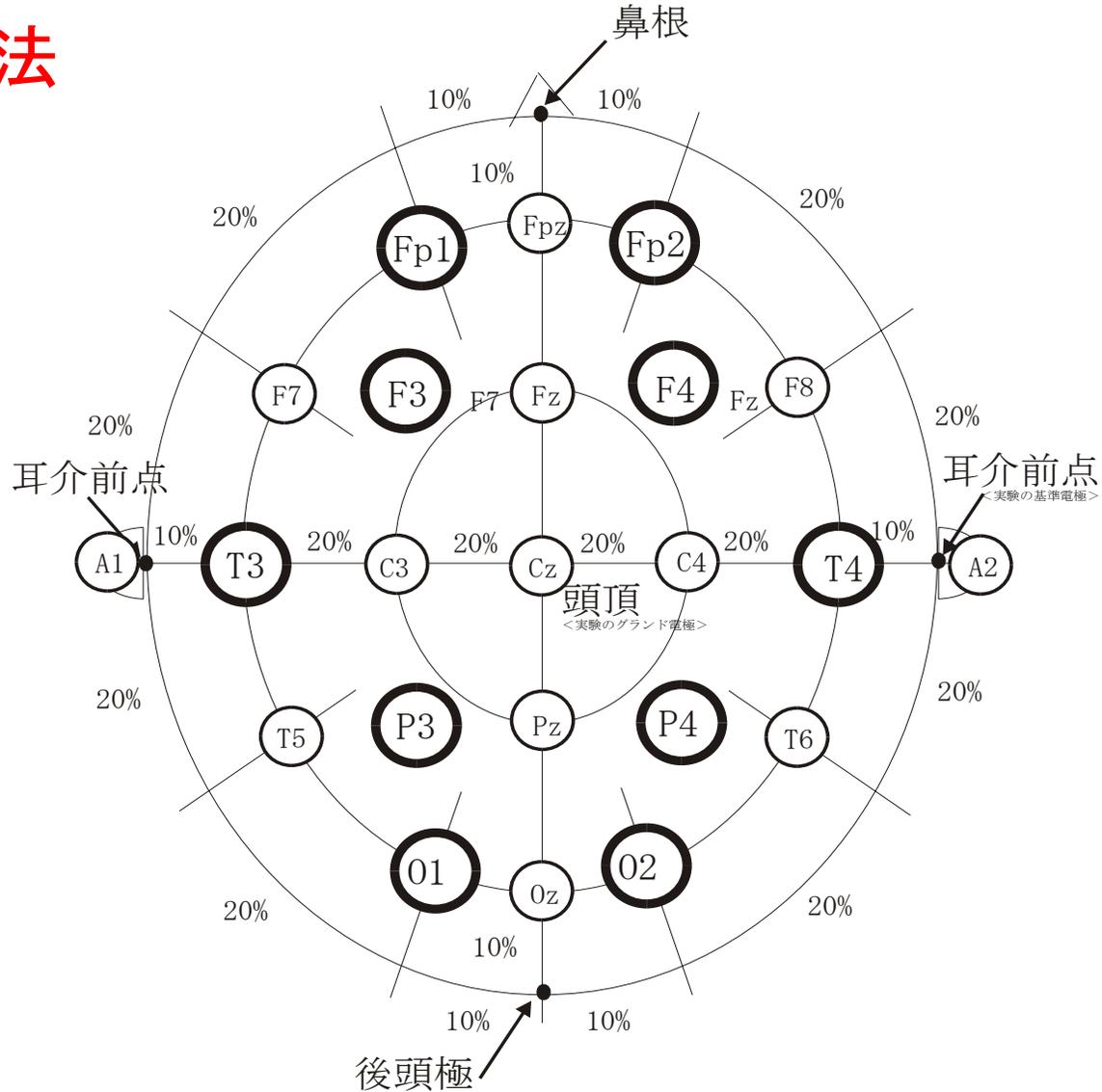
特殊な電極



耳朶につける基準電極

電極装着位置

国際10-20法



脳波計測の実験



電極の装着



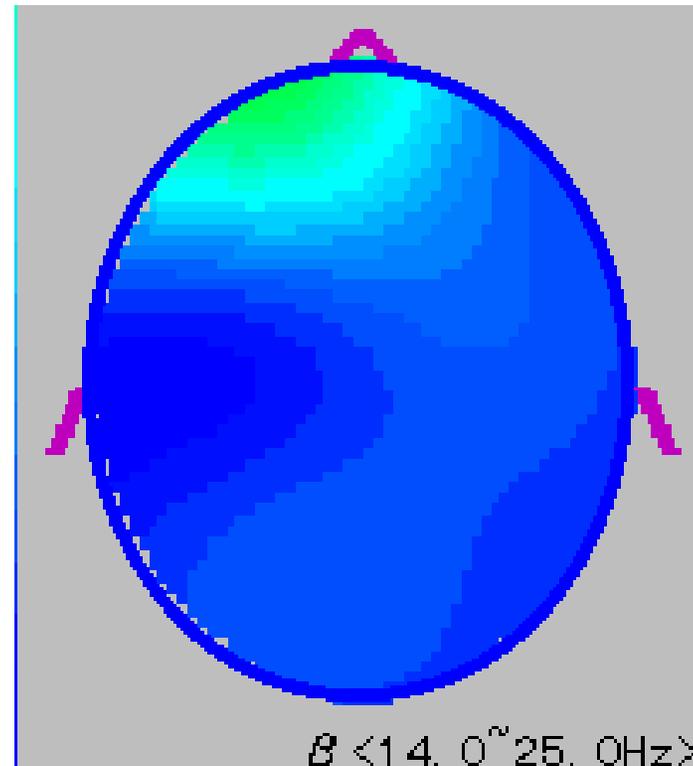
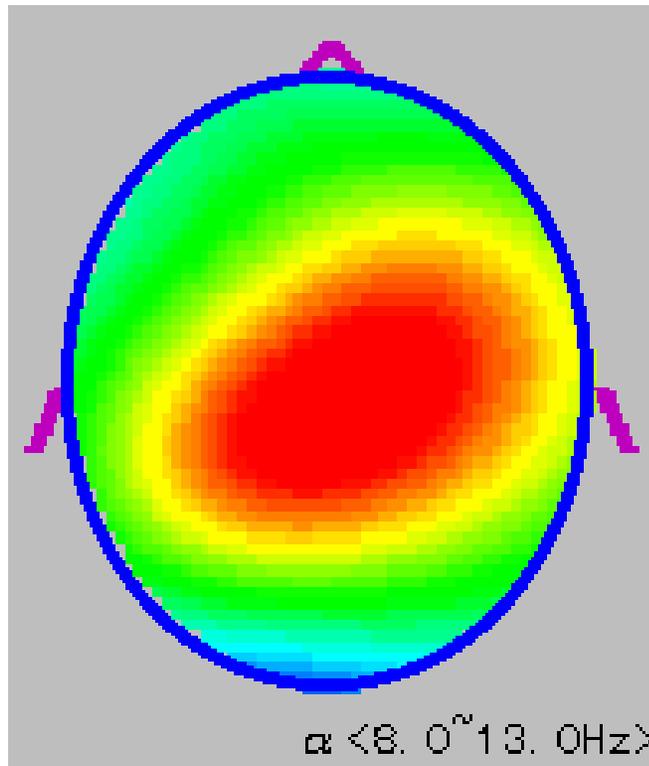
計測設備



計測中

脳波マップ

EEGスキャナ、EEGトポグラフィともいう

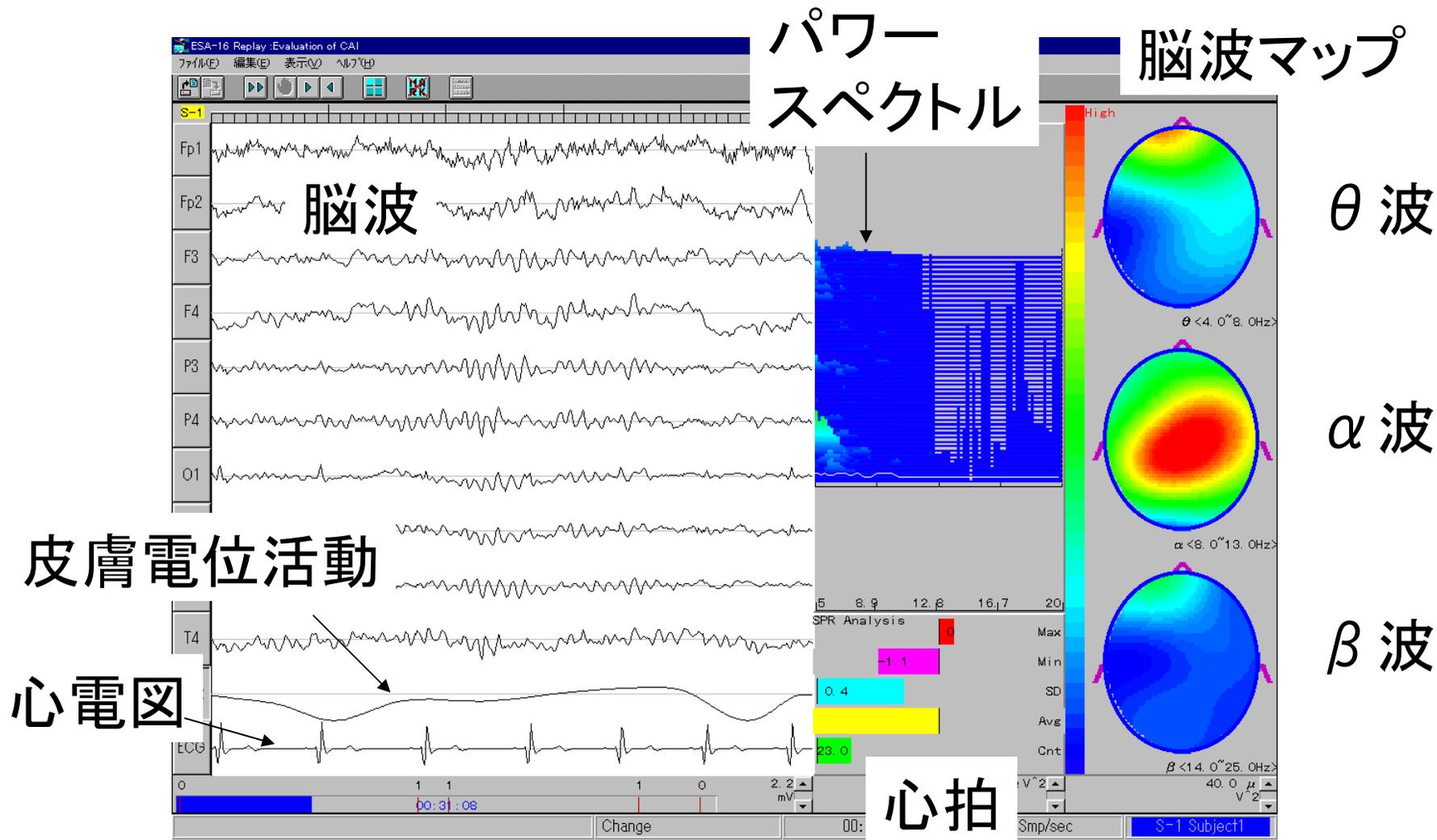


低

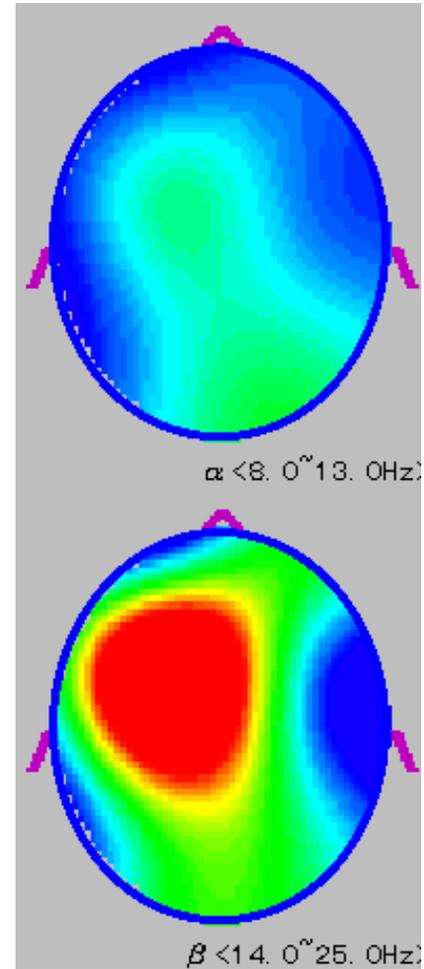
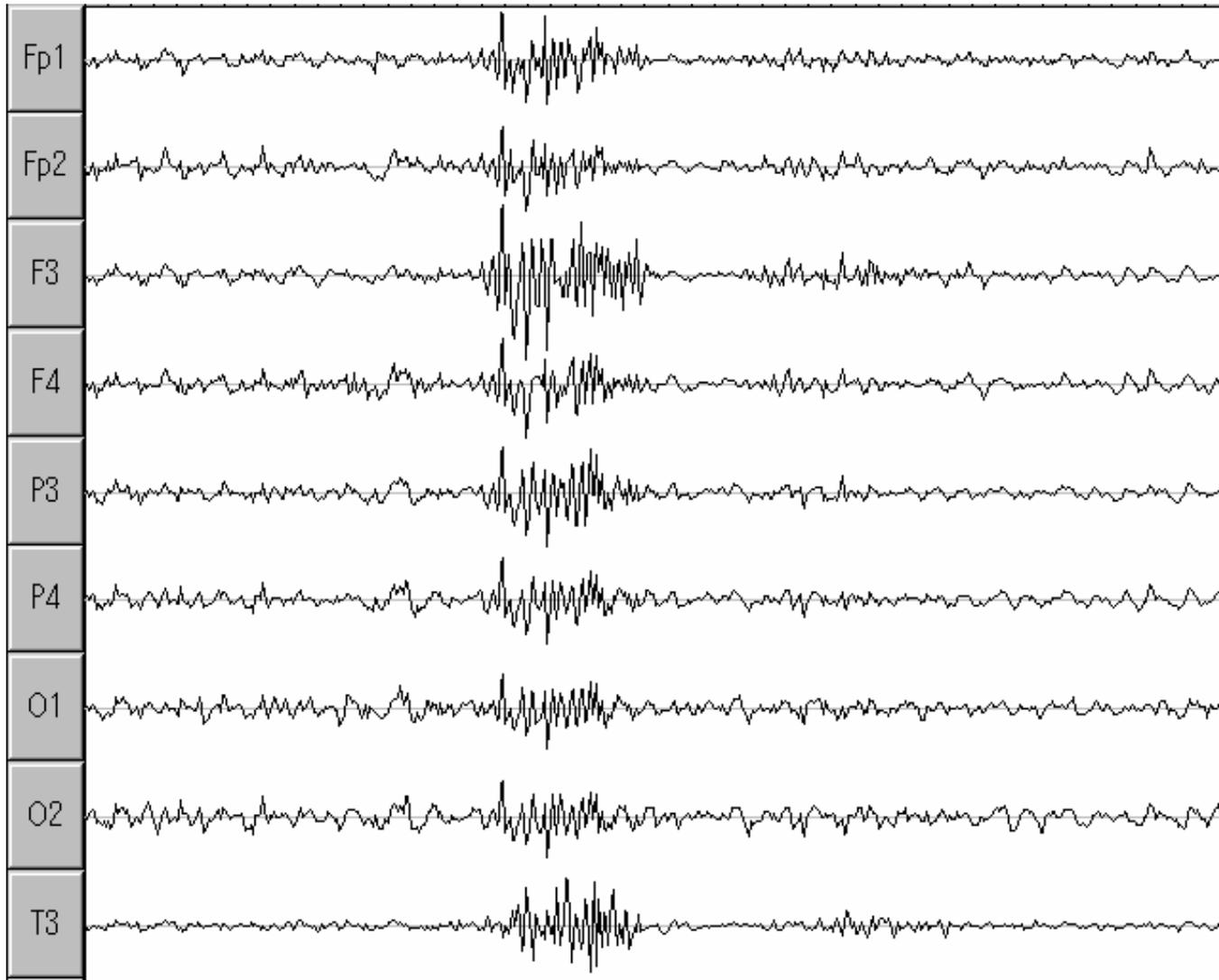


高

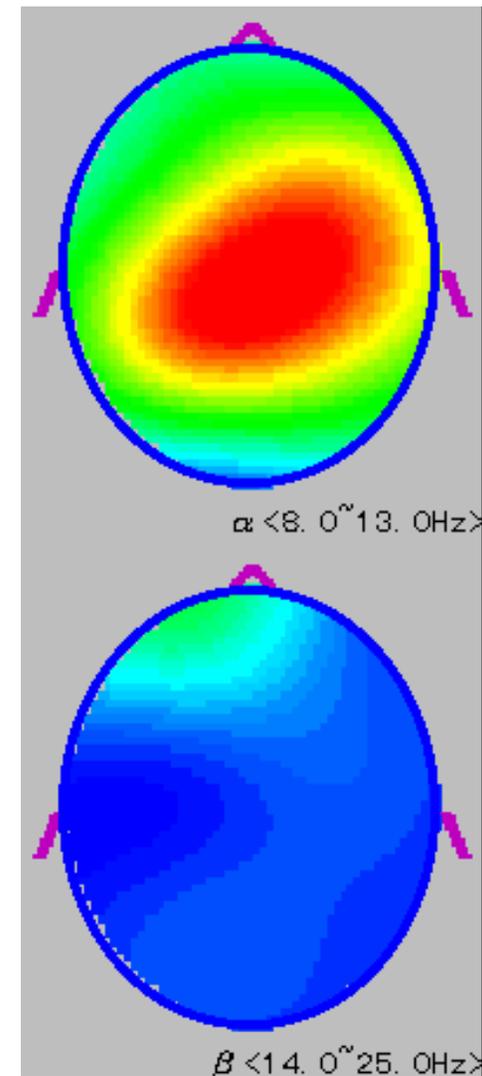
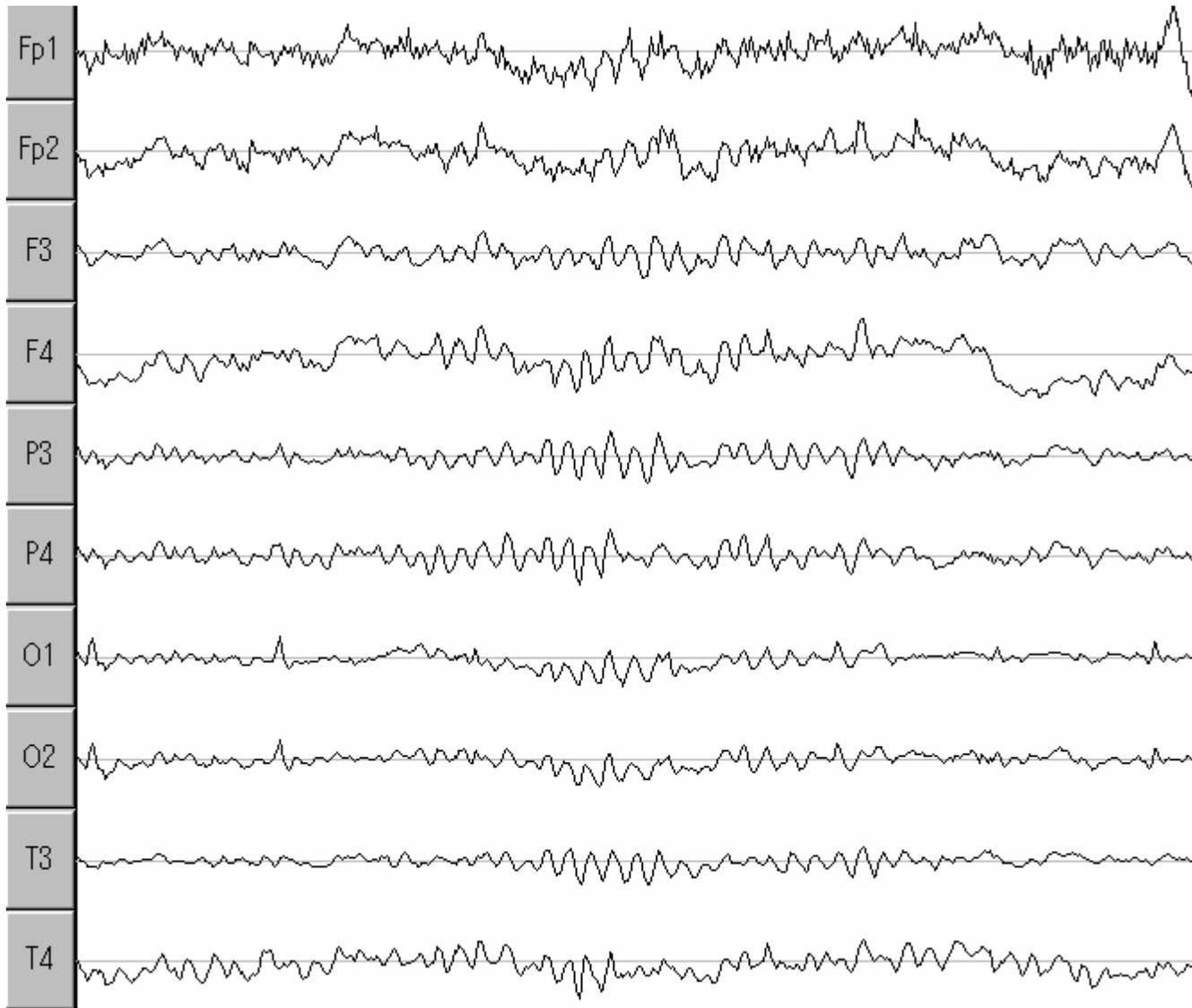
デジタル脳波計による測定



測定例(1)



測定例(2)



脳波と脳波マップ

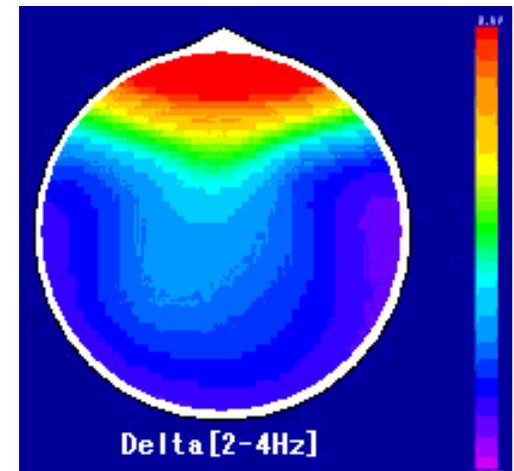
- 脳波マップ

- 特定の周波数の波について、その強度を大脳上のマップに表したもの

- 脳波に比べて、どこにどのような波が発生しているのかが一目瞭然

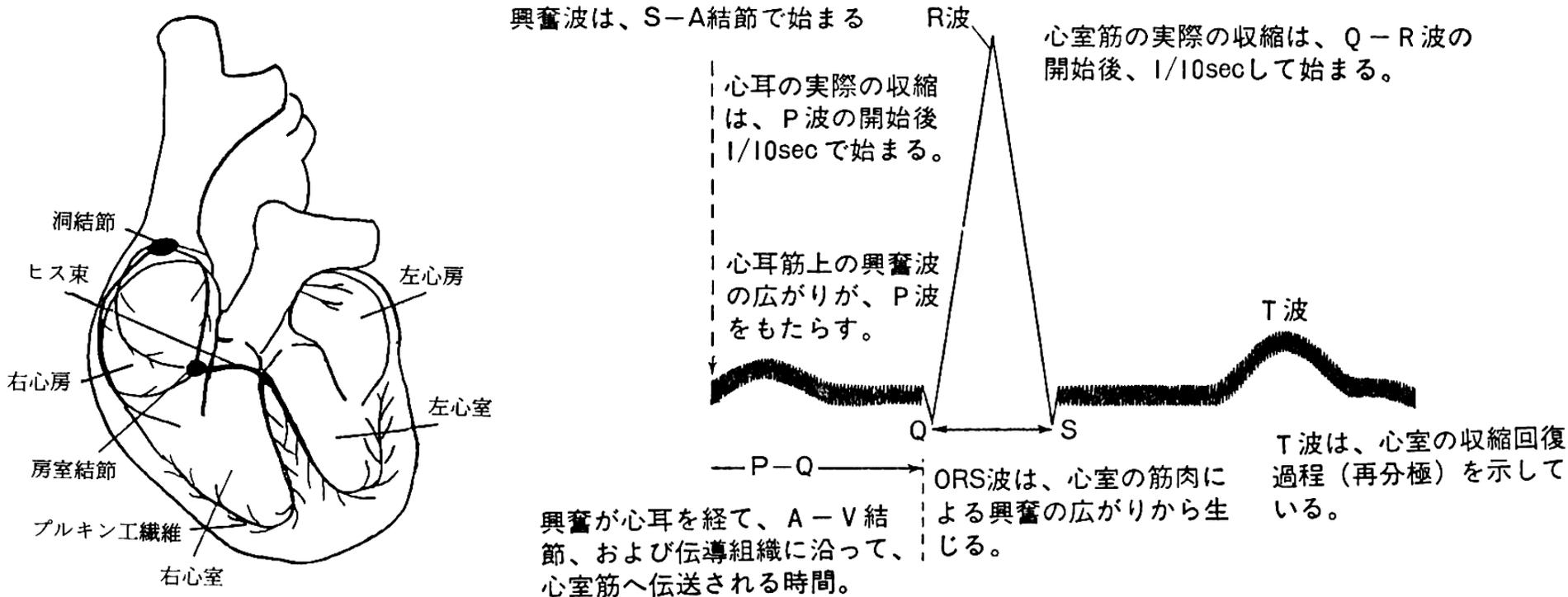
- 脳機能(特に大脳皮質)の活動性との関連が容易

- × 脳波の波形そのものの情報が欠落
(ニセ脳波に騙される)



心拍

心電図(ECG or EKG)により計測



1分間あたりの拍動数 = **心拍数**(HR; Heart Rate)

心拍の生理的な特性

- 安静時*には、70bpm前後 (60～90bpm)
- 日周リズムがあり、早朝が遅く、18時頃に速い
- 立位では、座位や仰臥位より5～15bpm速い
- 飲酒や喫煙では、10bpm程度増加
- 運動時では、最高180bpmにもなる
- 胎児～新生児では100～120bpm
- 20歳男子70～75bpm、20歳女子75～80bpm

*18～20℃で、食事3時間後、椅座位姿勢30分、5分間の平均HR

心拍を制御する神経系

心房: 交感神経と副交感神経
心室: 交感神経

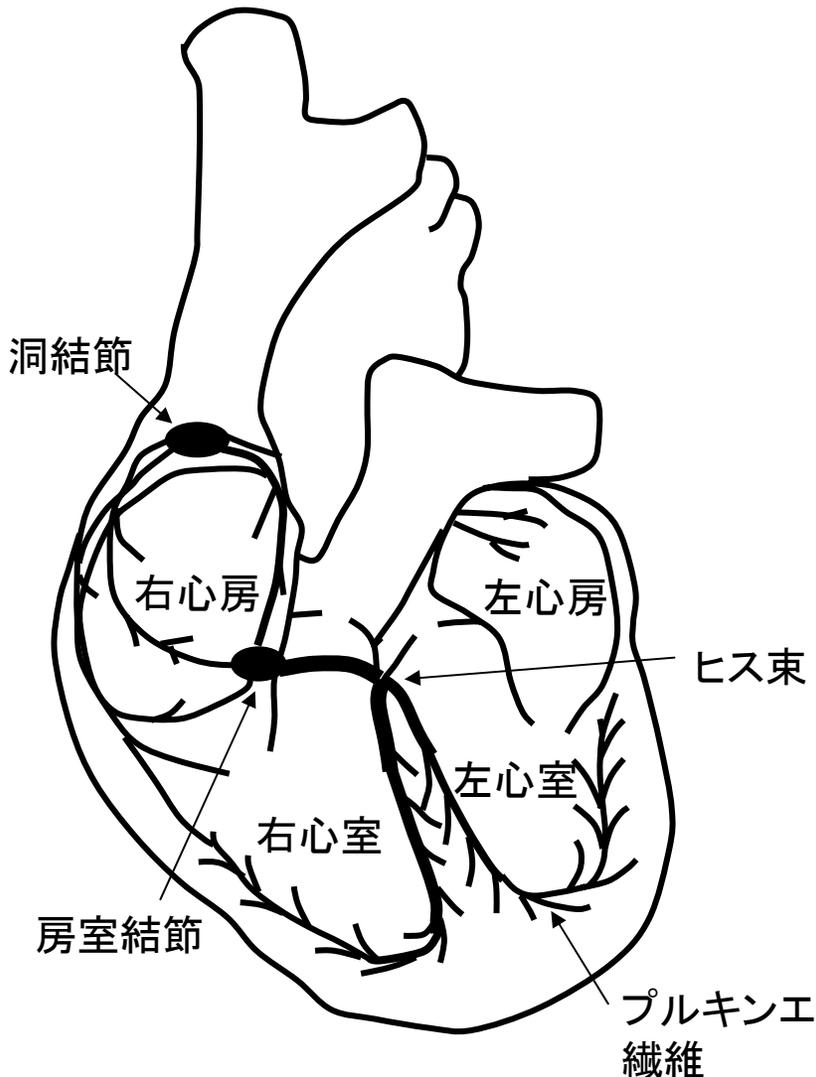
(1)HRの変化

S-A結節(右心房)
→ 交感神経
副交感神経

(2)収縮力の変化

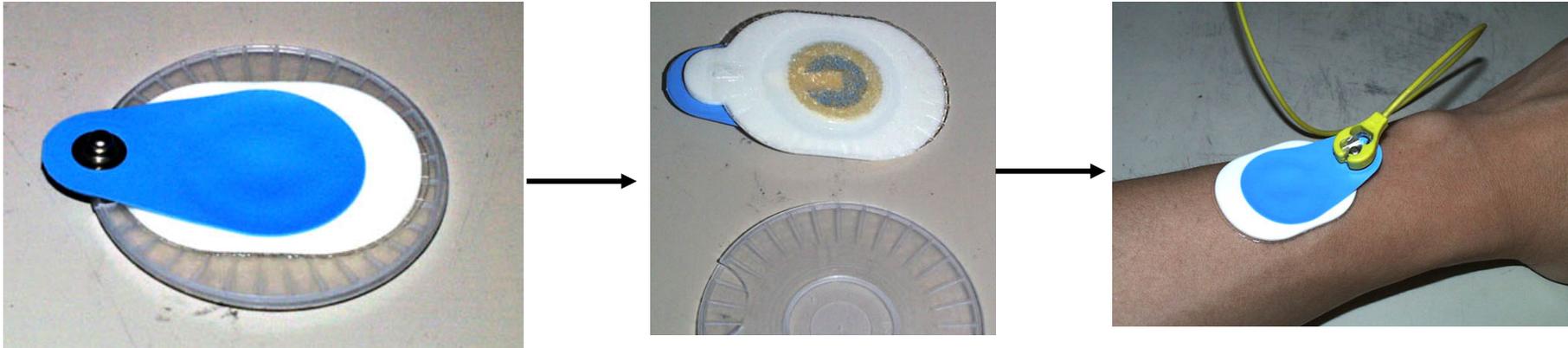
収縮は心室筋
→ 交感神経

交感神経 — 促進、数秒
副交感神経 — 抑制、1秒以内

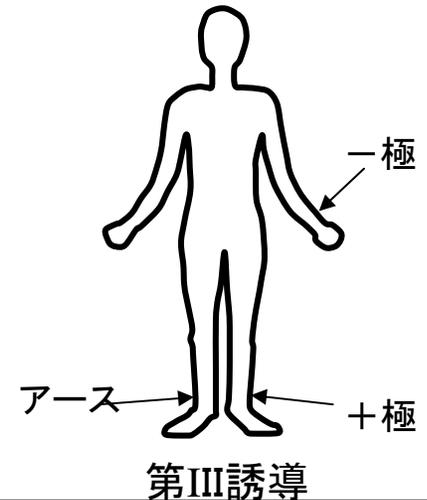
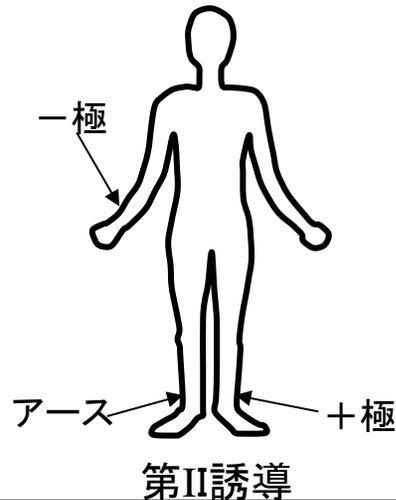
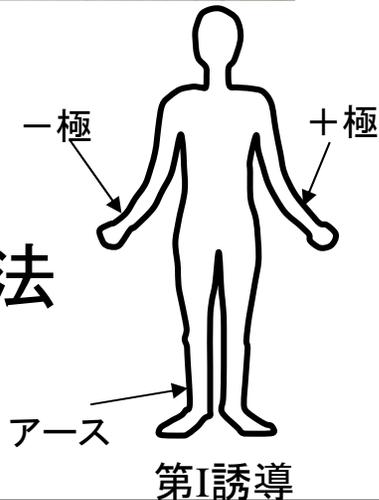


心拍の測定

- 使い捨て電極を使用
- アルコールで脂肪分を落とし貼付する



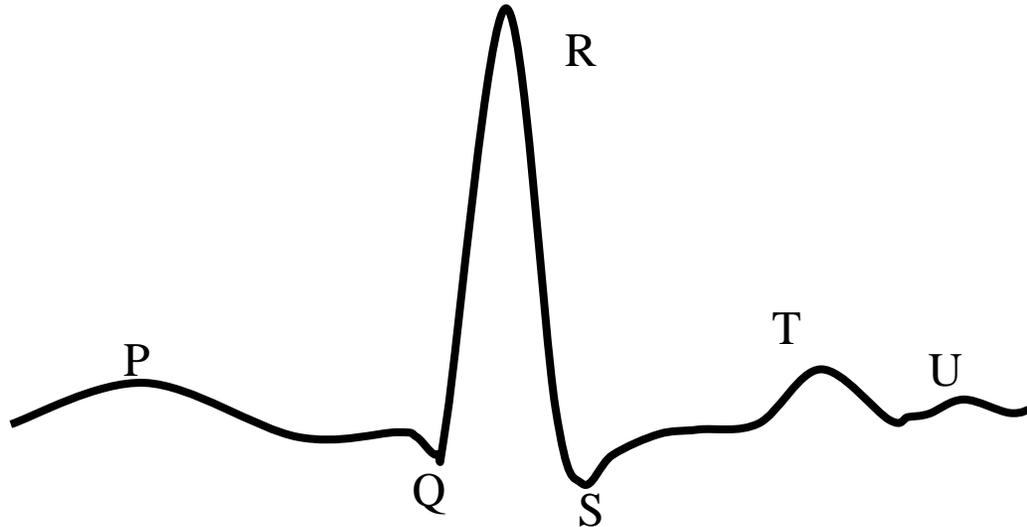
四肢導出法



R波の検出

T波との区別が問題

- 一定の閾値以上をR波とする
- 対数アンプでR波を強調する
- R波からの不応期を設ける($R-T$ 間隔 $<$ $T-R$ 間隔)
- 時間微分波形**を用いる(急峻な立ち上がり)



皮膚電気活動

発汗 { 温熱性発汗
精神性発汗 掌、足の裏



皮膚電気活動

EDA(Electrodermal Activity)

	皮膚抵抗 Skin Resistance	皮膚電位 Skin Potential
水準 Level	皮膚抵抗水準 SRL	皮膚電位水準 SPL
反応 Response	皮膚抵抗反応 SRR	皮膚電位反応 SPR

皮膚電気活動の測定方法(1)

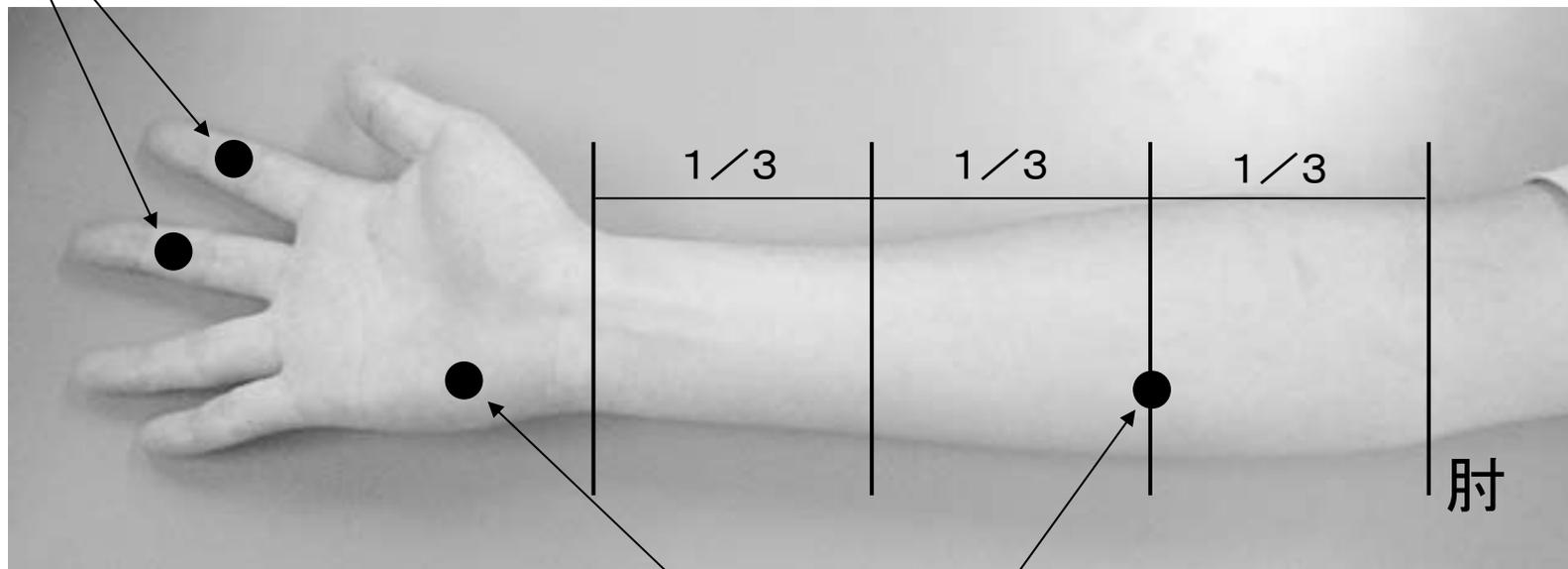
- 測定環境 — 温熱性発汗を抑える ($22 \pm 1^{\circ}\text{C}$)
- 電極 — 銀／塩化銀電極(銀を塩化銀でメッキしたもの)
前日から熟成(Aging)させる → 電位差 $\pm 1\text{mV}$
0.05mol/l NaCl水溶液 0.067mol/l KCl水溶液
- 電極糊(ペースト)
寒天ペースト: 96mlの電解液に4gの局方寒天末を
加えたもの。電解液はAgingと同じもの
- 測定機器
SCC: DC型の専用装置
SPA: ポリグラフ(多用途脳波計)

皮膚電気活動の測定方法(2)

•皮膚表面の処理

- (1) アルコールで脂肪分を取り除く
- (2) 粘着テープや紙ヤスリで角質を落とす
- (3) 電極糊を付け、皮膚に貼る

双極配置

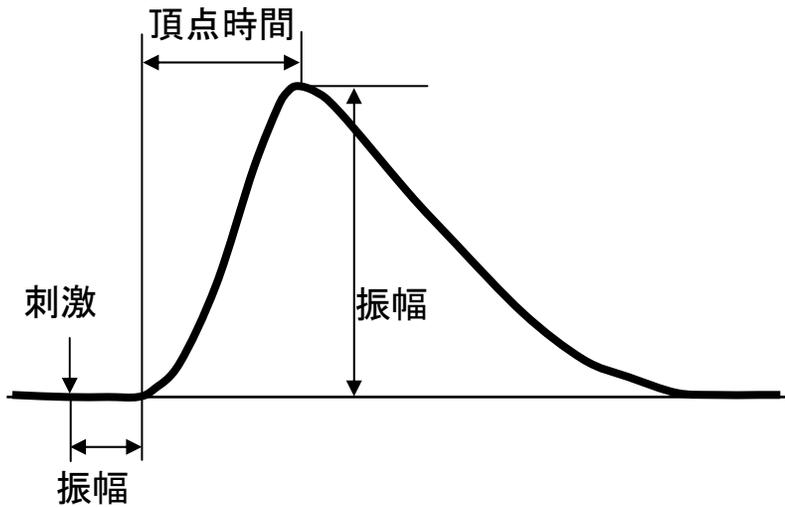


•貼付位置

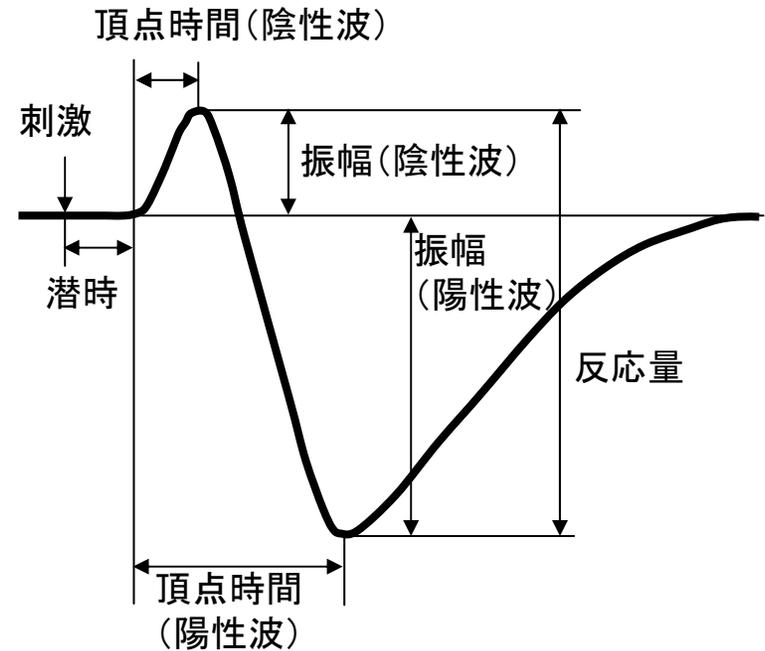
探査電極 基準電極
(単極配置)

SPRの分析法

SPRでは、単相性だけでなく多相性の反応がある



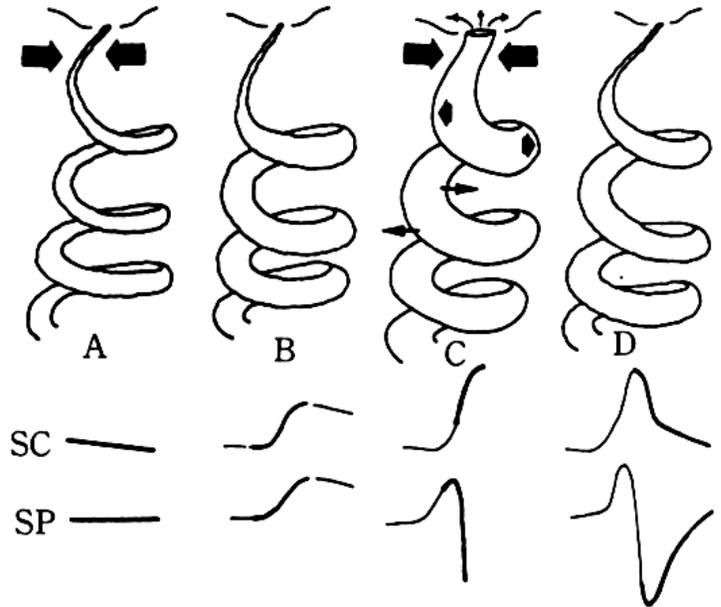
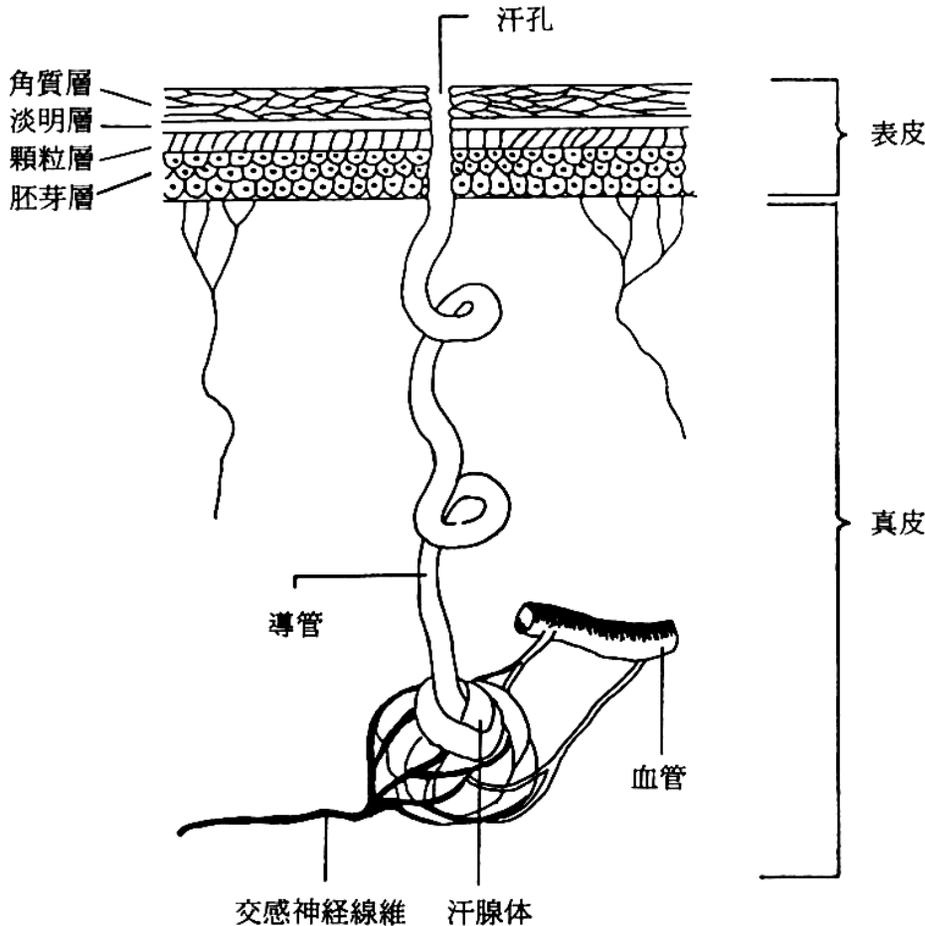
陰性波



陰陽二相性波

EDAの抹消発現機序

交感神経系に支配されるエクリン汗腺



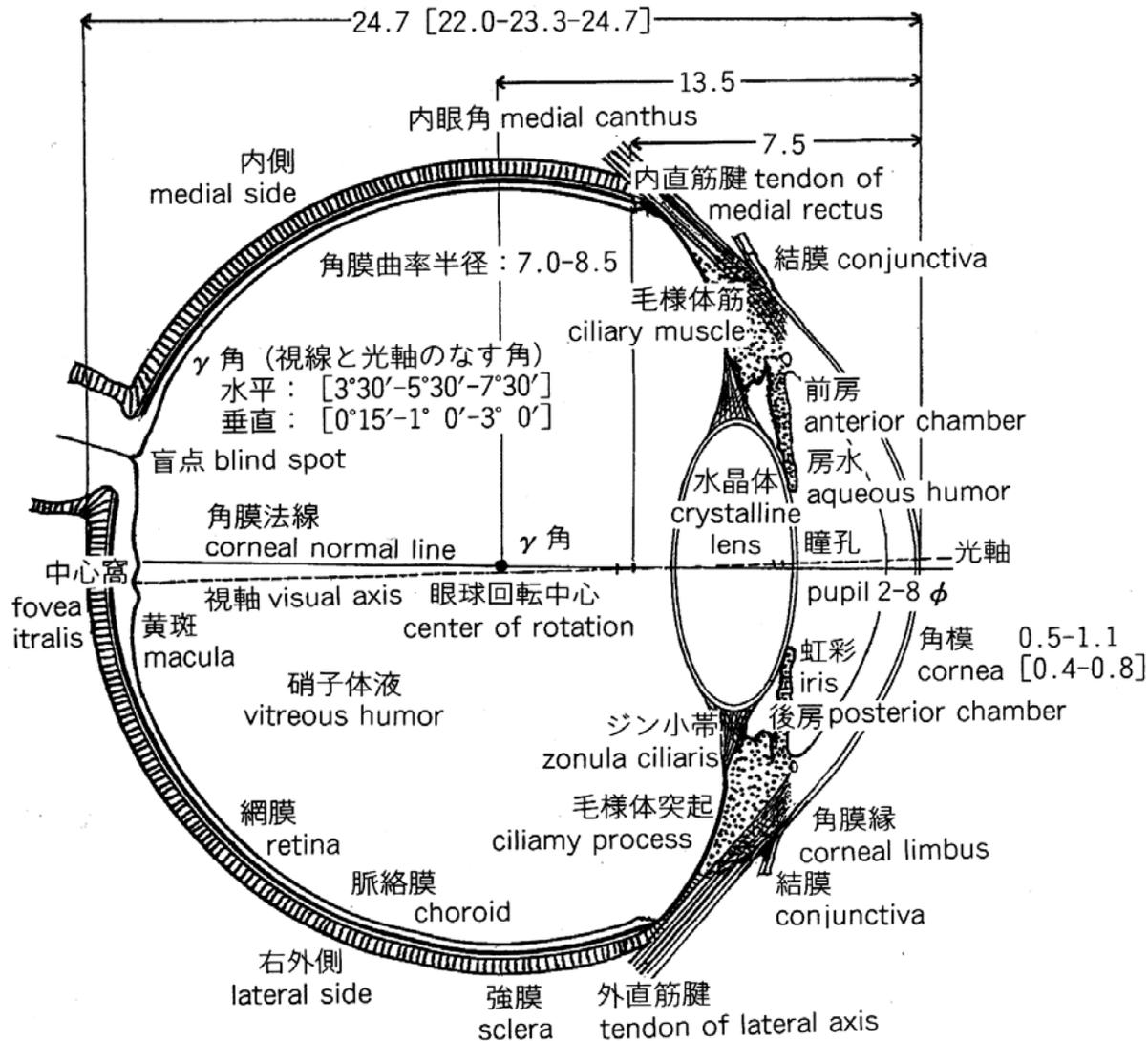
- A. 導管に汗がなく汗孔が閉じている
- B. 導管に汗が入る。
- C. 導管に汗が充満し、汗孔バルブから表面に発汗する
- D. 汗孔が再度閉じる

眼球運動の計測方法

代表的な計測方法

- EOG法
 - 強膜反射法
 - 角膜反射法
 - 瞳孔－角膜反射法
 - サーチコイル法
 - Double Purkinje法
- など

眼球の構造

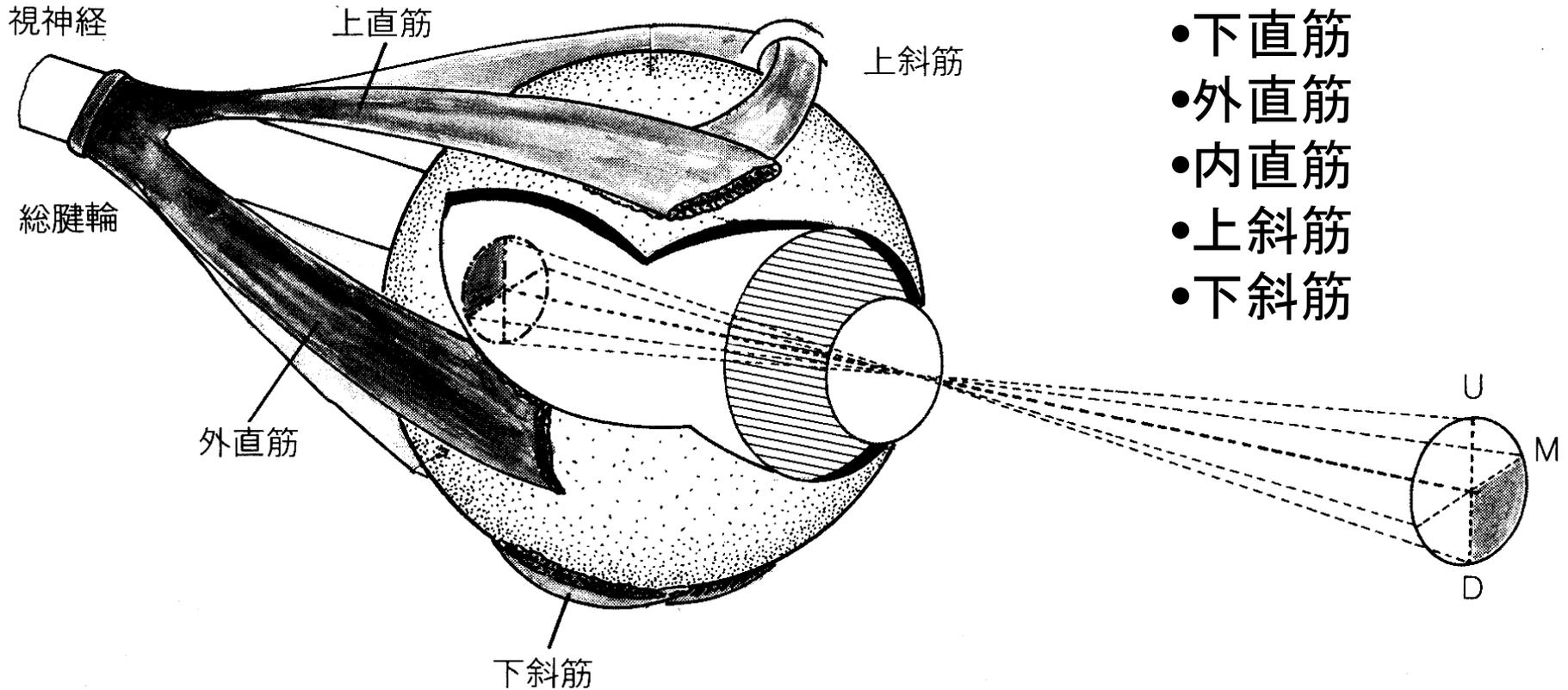


[]内は日本人の標準値

外眼筋の構造

外眼筋(各眼6本)

- 上直筋
- 下直筋
- 外直筋
- 内直筋
- 上斜筋
- 下斜筋



眼球運動の種類

- 両眼の運動

- 共同運動 同じ方向に動く
- 輻輳開散運動 反対方向に動く
 - 輻輳運動 内側に回転する
 - 開散運動 外側に回転する

- 各眼の運動

- 固視微動 注視時の細かな運動
- 追従運動 動く視対象を追跡する
- 跳躍運動 視対象を変更する時など

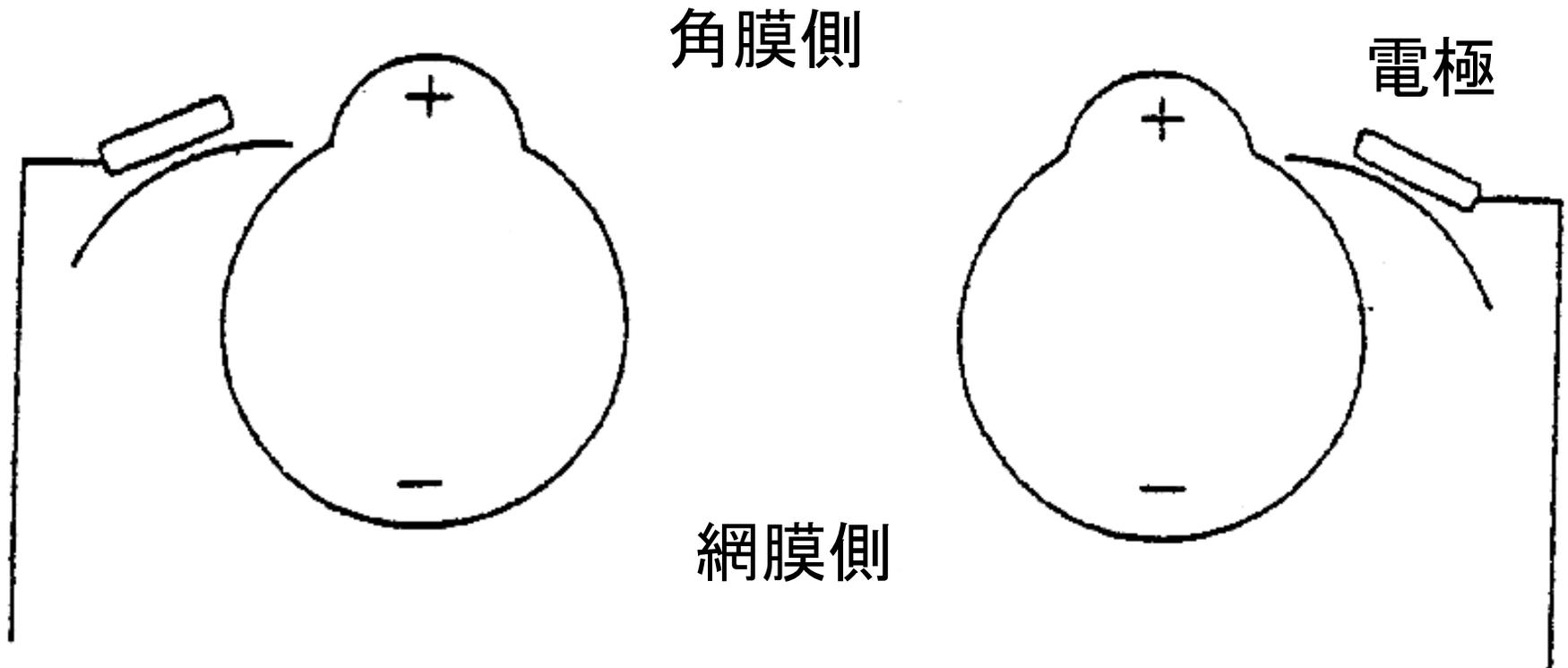
眼球運動の種類と特性

眼球運動の種類	運動角	潜時 (ms)	速度 ($^{\circ}$ /sec)
輻輳開散運動(Vergence Movement) 異側性両眼運動	1~15 $^{\circ}$		6~15
固視微動 (Mini Movement) 鋭サッカード(Flick) ドリフト(Drift) トレモア(Tremor)	20~60" 10~40"		50~100Hz 30~90Hz
追従運動(Pursuit Movement)	1~60 $^{\circ}$	200	1~30
跳躍運動(Saccadic Movement) サッカード運動	0.5~50 $^{\circ}$	100~500	100~500
補償性運動(Compensatory Movement)	1~30 $^{\circ}$	10~100	1~30

EOG法

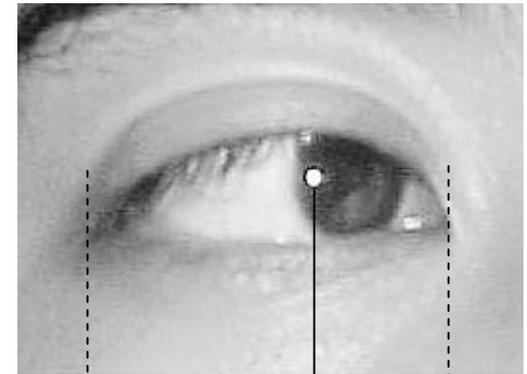
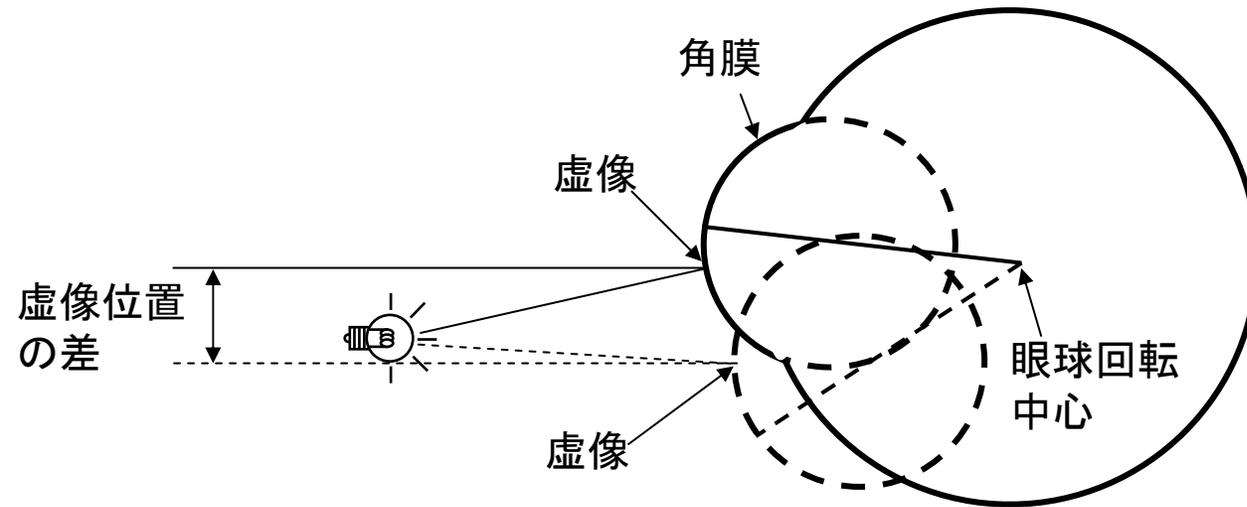
Electro-oculographyを利用

(角膜部が $10\sim 30\mu V$ の**正の電位**を有する)



角膜反射法

角膜の曲率中心と眼球の回転中心が異なることを利用



虚像位置の差

眼球運動計測法の特徴(1)

検出法	特徴	用途	備考
EOG	皮膚電極と生体アンプだけで測定可 周波数帯域広い、睡眠時の測定可	臨床用(眼科,神経科) 眼球運動の動特性分析	周囲環境の電磁ノイズの影響、位置の精度がよくない、ドリフトあり
強膜反射	構造簡単で軽量、周波数帯域広い、高精度、フィールド測定可	臨床用、眼球運動の動特性分析、注視位置、視線移動分析、奥行知覚	垂直精度が水平より良くない、周囲赤外光の影響注意(夕日、白熱照明)
角膜反射	構造簡単でセッティング容易、周波数帯域広い(CCD方式)、瞳孔同時測定、フィールド測定可	眼球運動の動特性分析、注視位置、視線移動分析	装着注意(0.1mmのずれで0.1°誤差)、出力は2-3field遅延、両眼測定は困難

眼球運動計測法の特徴(2)

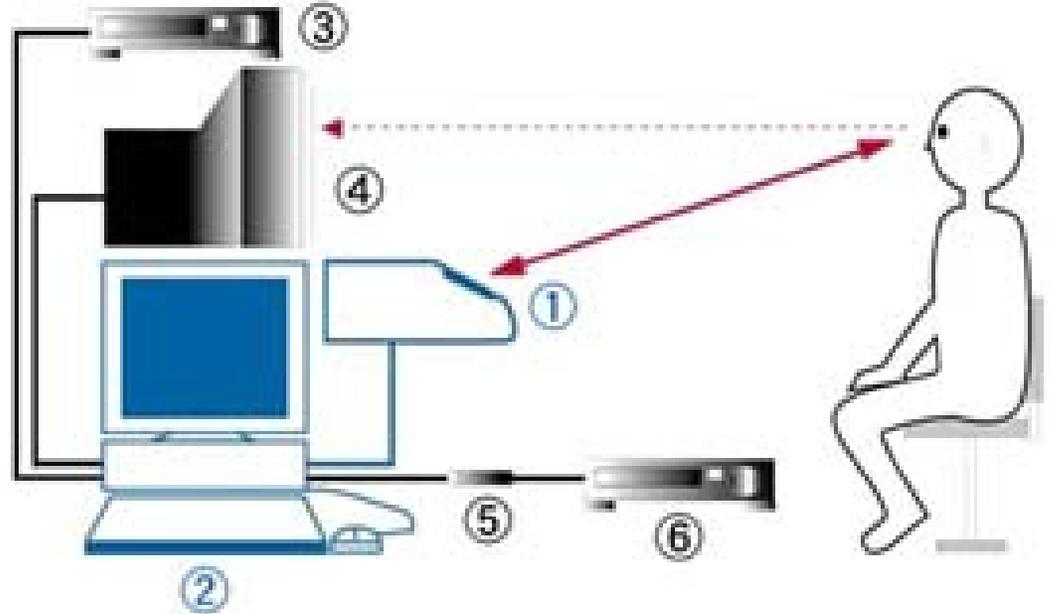
検出法	特徴	用途	備考
瞳孔-角膜反射	センサの装着ずれの影響小、瞳孔径測定、非接触測定可	注視位置、視線移動分析	分解能良くない、出力は2-3field遅延
サーチコイル	超高精度、周波数帯域広い、torsionの同時測定可	眼球運動の動特性分析、固視微動、奥行知覚	コンタクトレンズの異物感、装着時間制限、バイトボード必須
Double Purkinje	超高精度、周波数帯域広い、調節の同時測定可、静止網膜像の実験	眼球運動の動特性分析、固視微動、奥行知覚、輻輳と調節の相互関係の測定	測定に習熟要、バイトボード必須

眼球運動計測方法の選択

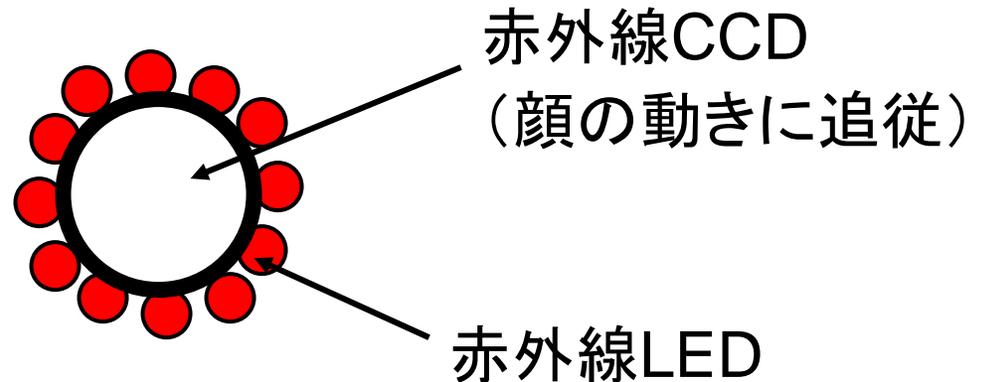
- 目的
 - 注視点表示、視線軌跡解析、立体視解析
 - 動特性解析、視線入力など
- 場所
 - 実験室内、実験室外(戸内、戸外)など
- 検出方法
 - 接触、非接触、無線、有線など
- 分野
 - 心理測定、医用(臨床)
 - ヒューマンインタフェース、体育など

眼球運動計測の例(1)

非接触型視線検出装置 (瞳孔一角膜反射法)



1. 眼球検出部
2. 処理部
3. ビデオソース部
4. 刺激提示部
5. ビデオ変換器
6. 記録装置



眼球運動計測の例(2)

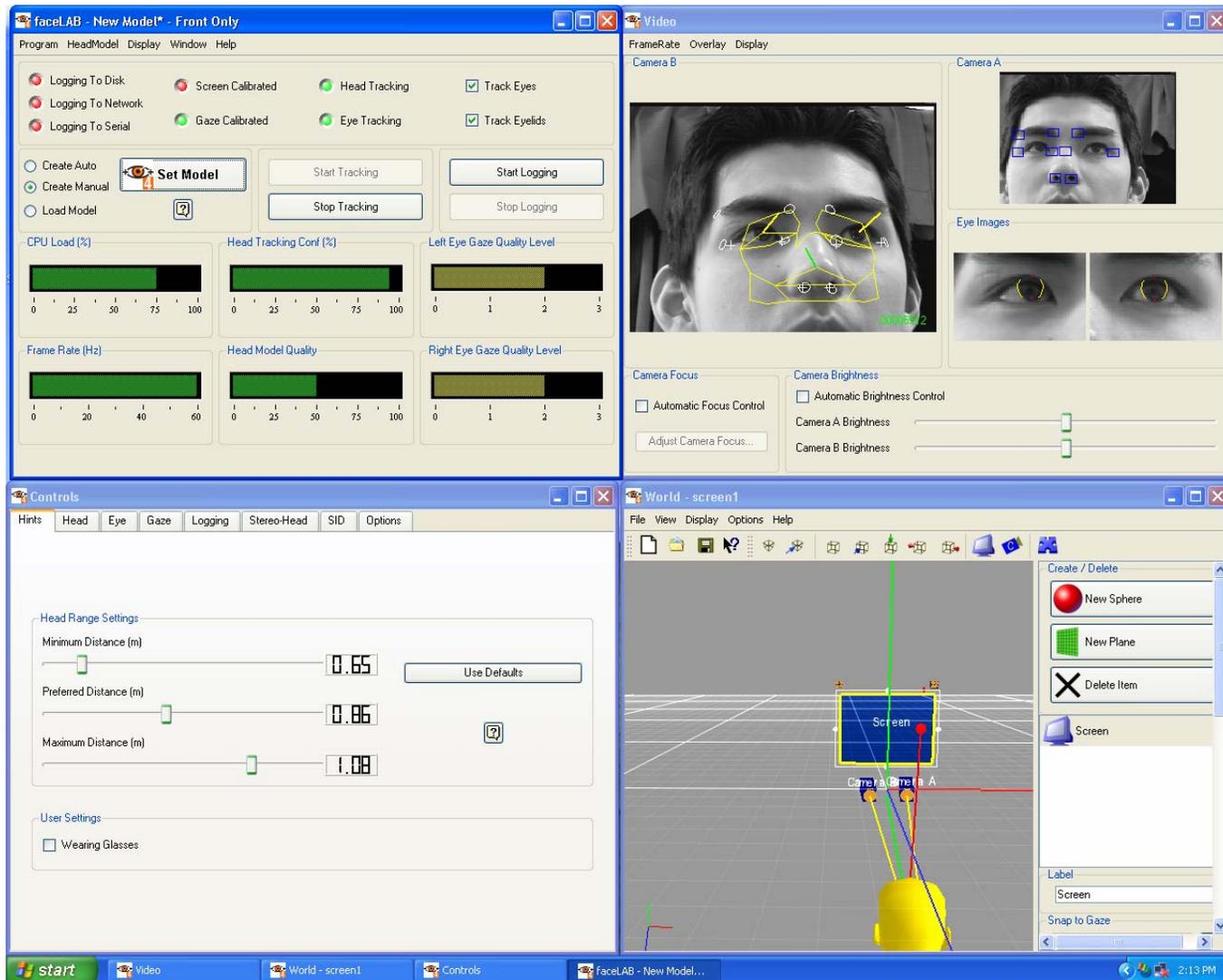


FaceLabによる眼球運動
測定

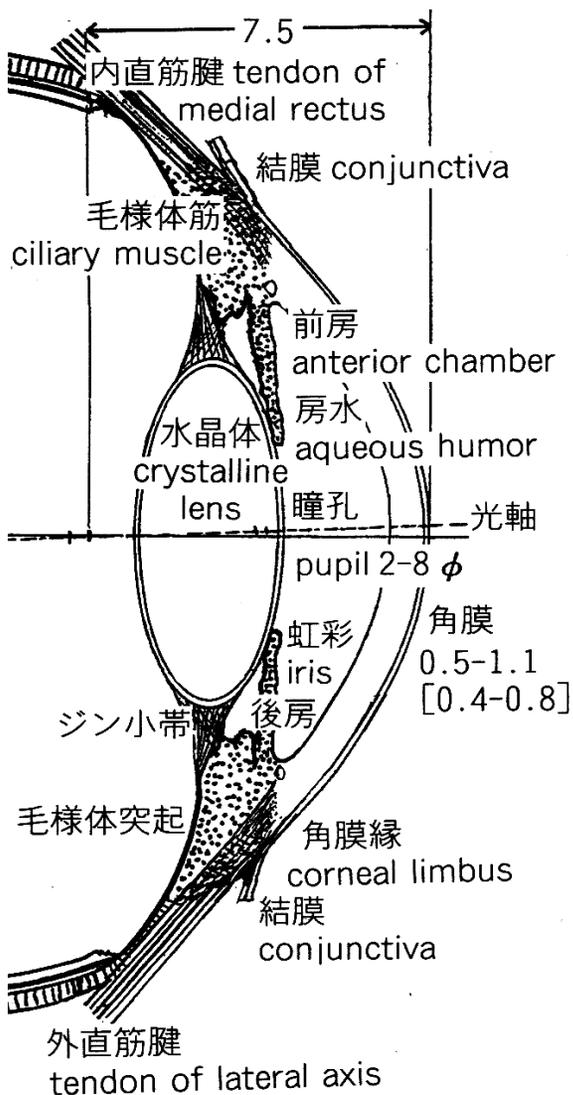
FaceLabで用いるCCD
カメラ



FaceLabの計測画面例



瞳孔運動の生理学的知見



瞳孔

虹彩によって形成された光を取り入れるための**開口部**

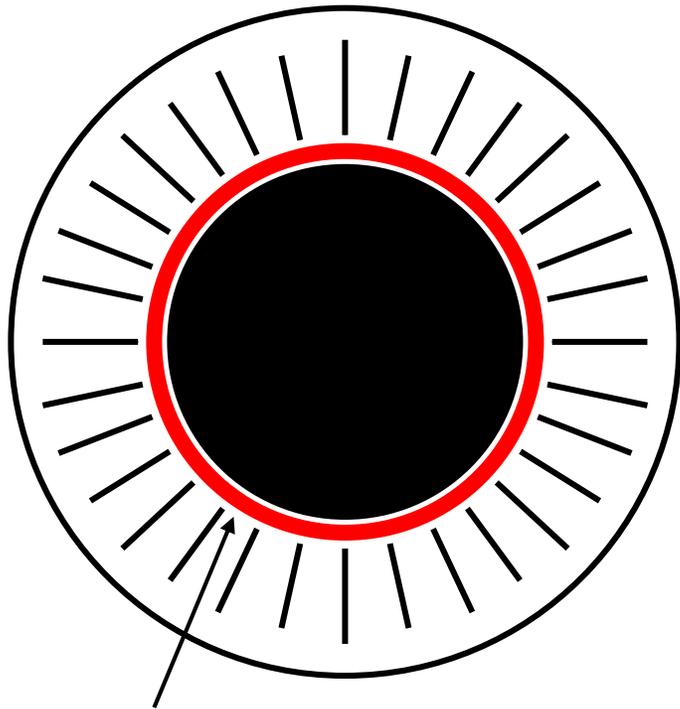
光学的機能

1. **光量の調整**
2. 被写界深度の増大(縮瞳)
3. 色収差・球面収差の減少(縮瞳)

瞳孔径

2~8mm

瞳孔収縮のメカニズム(1)



瞳孔括約筋

瞳孔括約筋

- 円形の平滑筋
- 幅0.7mm~1.0mm
- 虹彩の裏にある
- 他の平滑筋に比べ高い収縮力
- 縮瞳で長さが1/4になる

瞳孔括約筋の収縮

中脳の**動眼神経副交感核**
(Edinger-Westphal核)より支配

瞳孔収縮のメカニズム(2)

対光反射:

光が照射されると縮瞳し、遮光されると散大する。

網膜→視神経→視索→視蓋あるいは上丘→動眼神経核
(Edinger-Westphal核)→動眼神経→毛様体神経節→
瞳孔括約筋

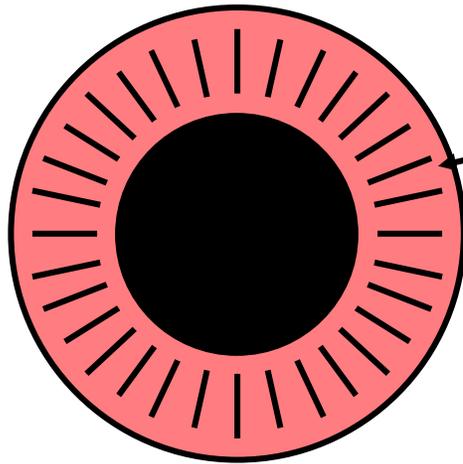
輻輳反射:

物体を近距離で注視すると、両眼の視軸が近寄るとともに、
縮瞳が起こる

睡眠:

睡眠時に縮瞳する。副交感神経の緊張のため。

瞳孔散大のメカニズム

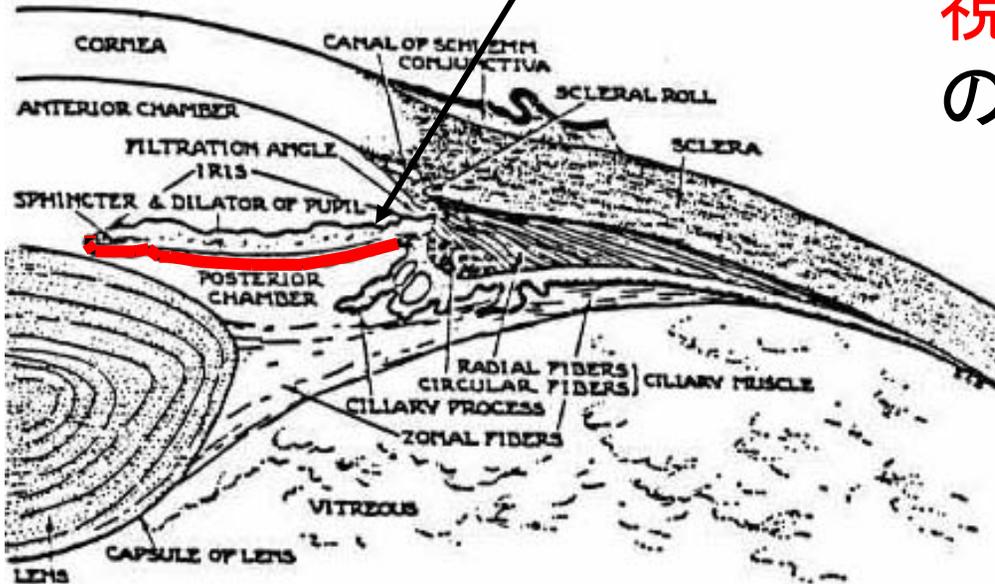


瞳孔散大筋

虹彩の裏に放射状に配置
厚さ $2\mu\text{m}$ の薄い膜

瞳孔散大筋の収縮

視床下部の交感神経繊維
の支配



瞳孔運動の二重神経支配

- 一般的には、

瞳孔括約筋 ー 副交感神経支配
瞳孔散大筋 ー 交感神経支配

- 厳密には、

瞳孔括約筋・散大筋とも
アドレナリン性繊維とコリン性繊維がある。

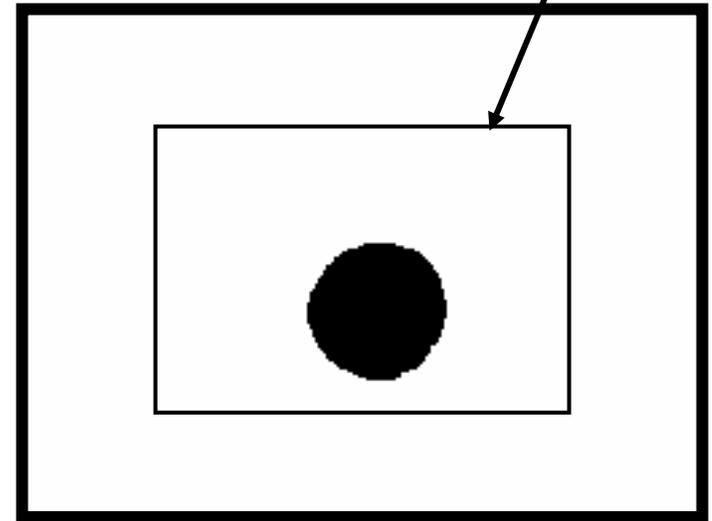
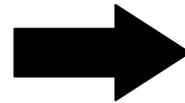
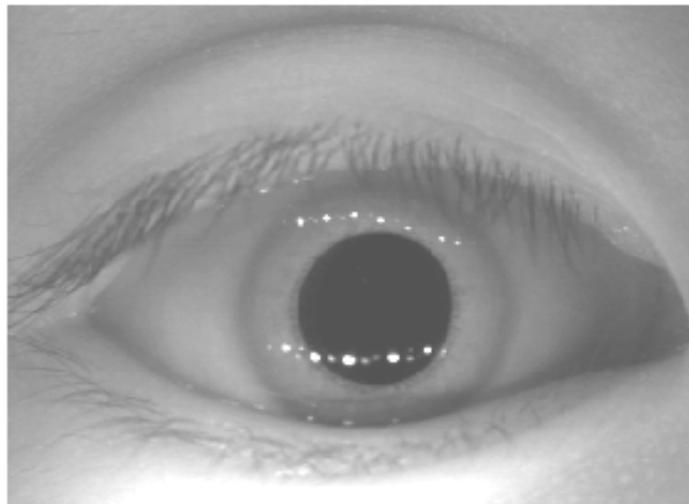
- 交感神経興奮 → ノルアドレナリン遊離
→ 瞳孔散大筋の収縮 + 瞳孔括約筋の弛緩
- 副交感神経興奮 → アセチルコリン遊離
→ 主に瞳孔括約筋の収縮

瞳孔径の計測法

- 肉眼による測定
 - 内視法
 - Galileo Galileiの方法(1564~1642)
 - Haabの瞳孔計 など
- 写真による測定
 - 赤外光による写真撮影
 - 映画撮影 など
- 反射光の光電変換による測定
- 光走査による測定
- 電子走査による測定

電子走査による瞳孔運動測定法

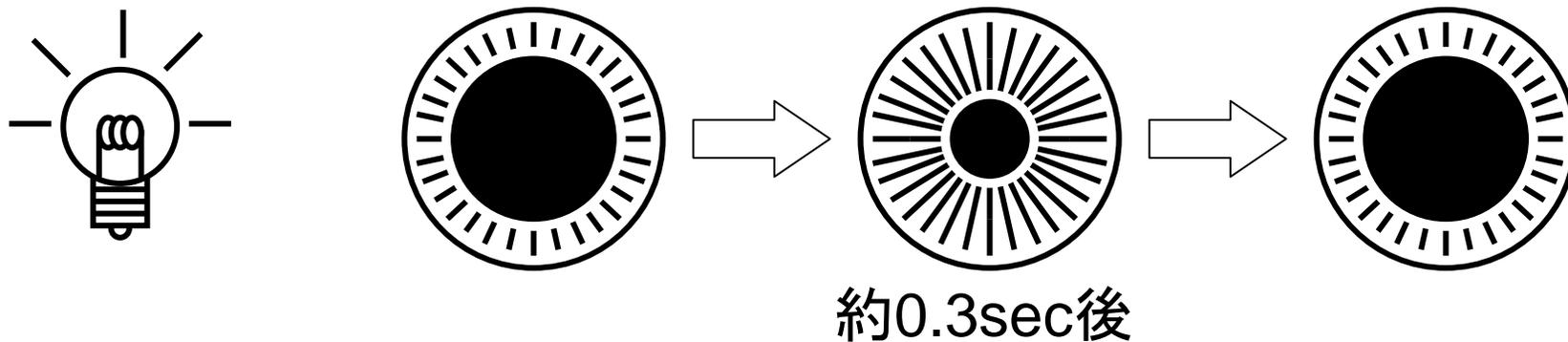
赤外線CCDカメラにより撮像した眼球映像を二値化し、黒い部分(瞳孔)の面積を計数する



黒部分のピクセル数を計数

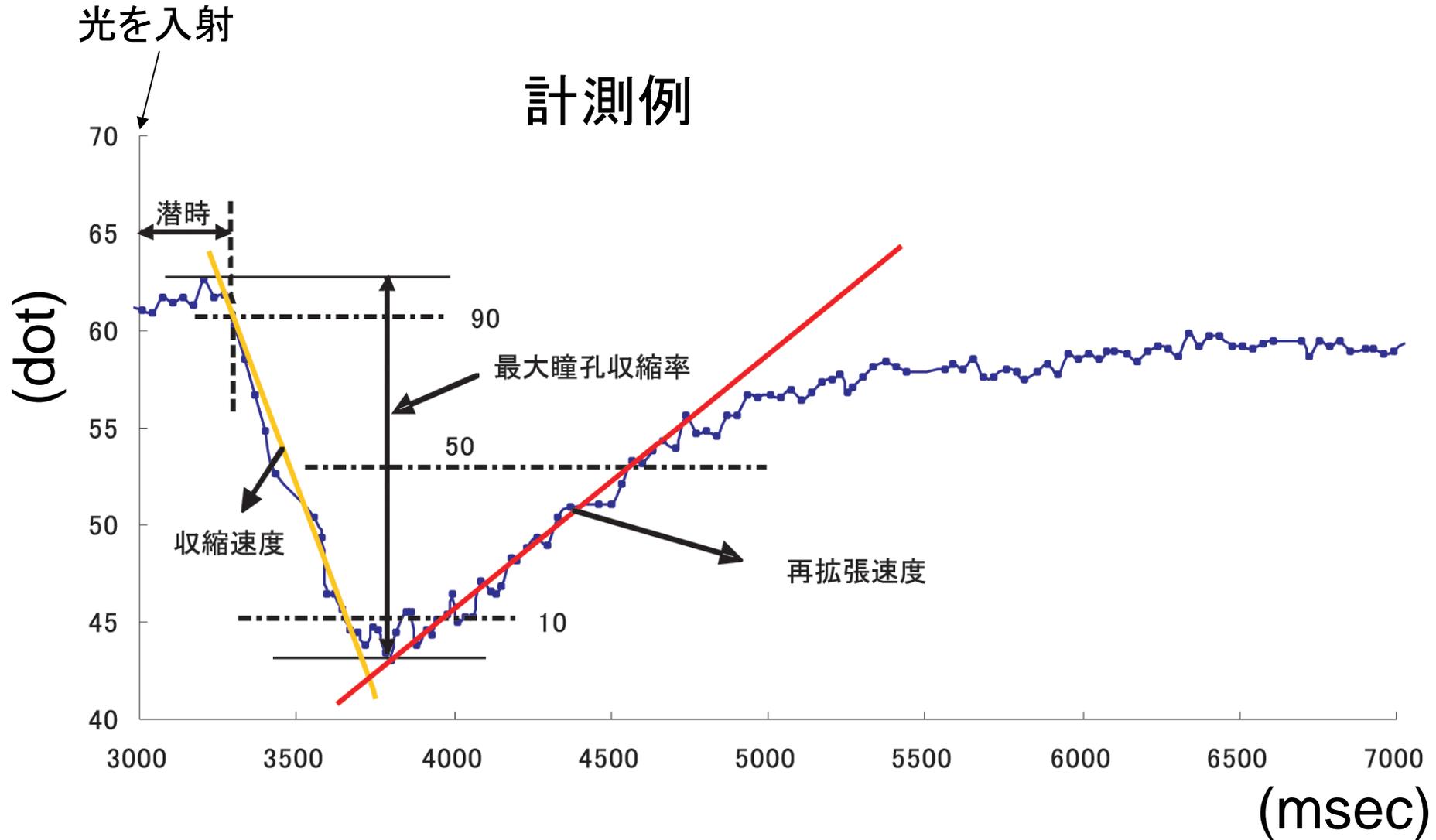
対光反応(1)

対光反応 — 光刺激による瞳孔径変化



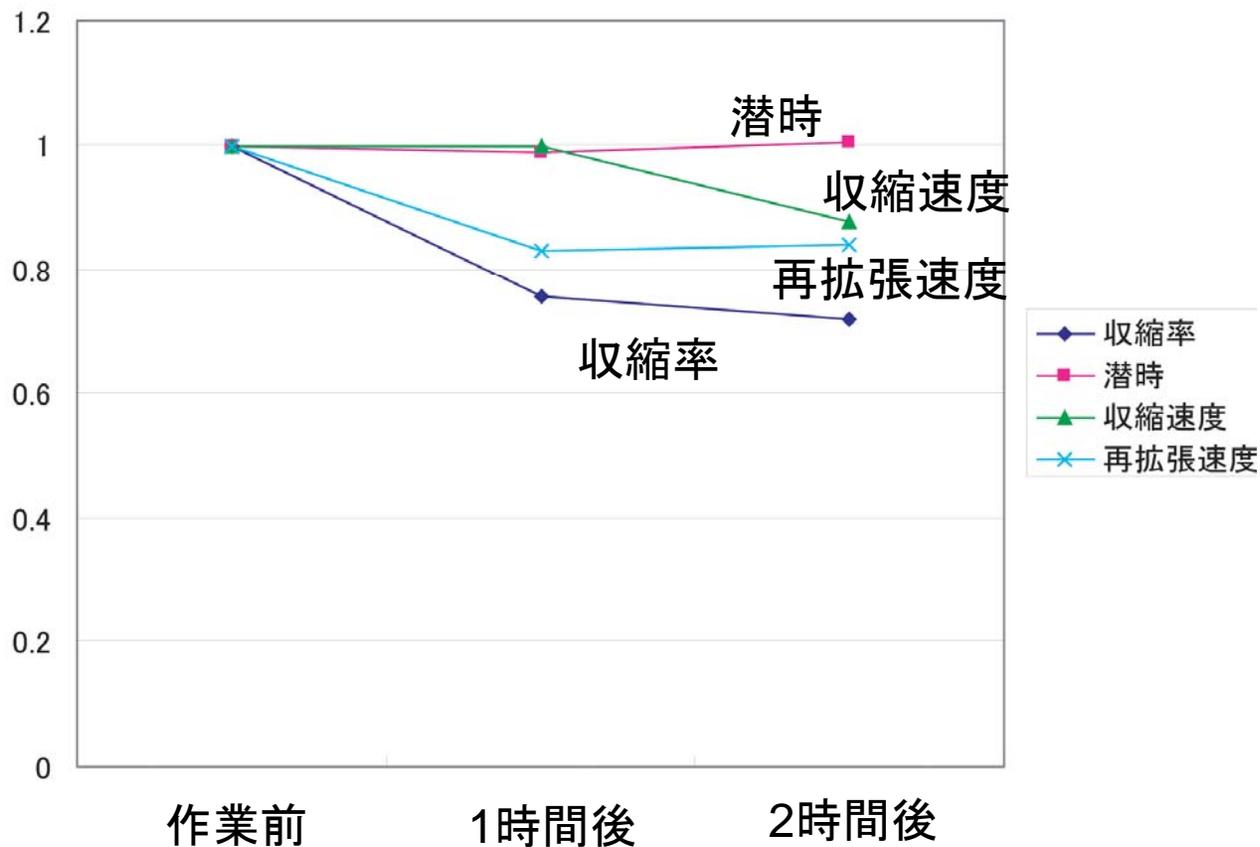
- 光刺激の受容器 — 網膜上の桿体(かんたい、薄明視)と錐体(昼間視、中心部のみ)
- 光の絶対的強度ではなく、時間変化量に反応
- 刺激閾値は、 $1/40 \sim 1/20$ [lx] (暗順応眼)
- MDA (Motor Discriminative Acuity of Pupil) = 0.95

対光反応(2)



対光反応(3)

- 眼疲労と対光反応
 - 瞳孔括約筋・瞳孔収縮筋の疲労



心理生理学的計測(1)

系	生理指標	生体活性度		ストレス		MWL	疲労度 ◎眼精
		覚醒度	生体リズム	恒常性	一過性		
循環系	心電図、心拍数		○		○	○	
	血圧、脈圧				○	○	
	容積脈波				○	○	
	血中O ₂ /CO ₂ 濃度						○
呼吸系	呼吸数				○	○	
	呼気中O ₂ /CO ₂ 濃度						○
脳神経系	脳電位図	○			○	○	
	誘発電位図				○	○	
	CNV				○	○	
視覚系	眼球電位	○				○	◎
	瞬目					○	◎
	瞳孔径					○	◎
	焦点位置					○	◎

心理生理学的計測(2)

系	生理指標	生体活性度		ストレス		MWL	疲労度 ◎眼精
		覚醒度	生体リズム	恒常性	一過性		
身体 運動系	筋電位、誘発筋電位 身体各部運動軌跡 (重心位置など)					○	○ ○
生理 代謝系	皮膚電気活動 フリッカー値 体温、直腸温、鼓膜温 顔面皮膚温度分布 発汗量	○ ○	○ ○		○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	◎ ○ ○
内分泌 系	カテコールアミン、コルチゾル			○	○		

生理指標による評価の利点

- (1) 客観的に測定できる
- (2) 物理量として定量化できる
- (3) 実時間で記録できる
- (4) 心理活動を時間経過に沿って分析できる
- (5) 心理事象を脳や神経の機能と関連づけることができる
- (6) 無意識の領域まで測定できる
- (7) 肉眼では見えない変化を測定できる

生理指標計測の問題点

- (1) 計測すること自身の影響を考慮しなければならない
- (2) ノイズやアーティファクトが含まれやすい
- (3) 安全性に注意が必要
- (4) 計測時の外的要因(環境等)に注意が必要
- (5) 計測時の内的要因(被験者の特性や体調等)に注意が必要

アフェクティブインタフェースとは？

「感情」を扱う機能を持ったヒューマンインタフェース

人間同士のコミュニケーションでは

- 明示的な情報: 言語情報
会話、サインなど

➡ そのときの話題の焦点

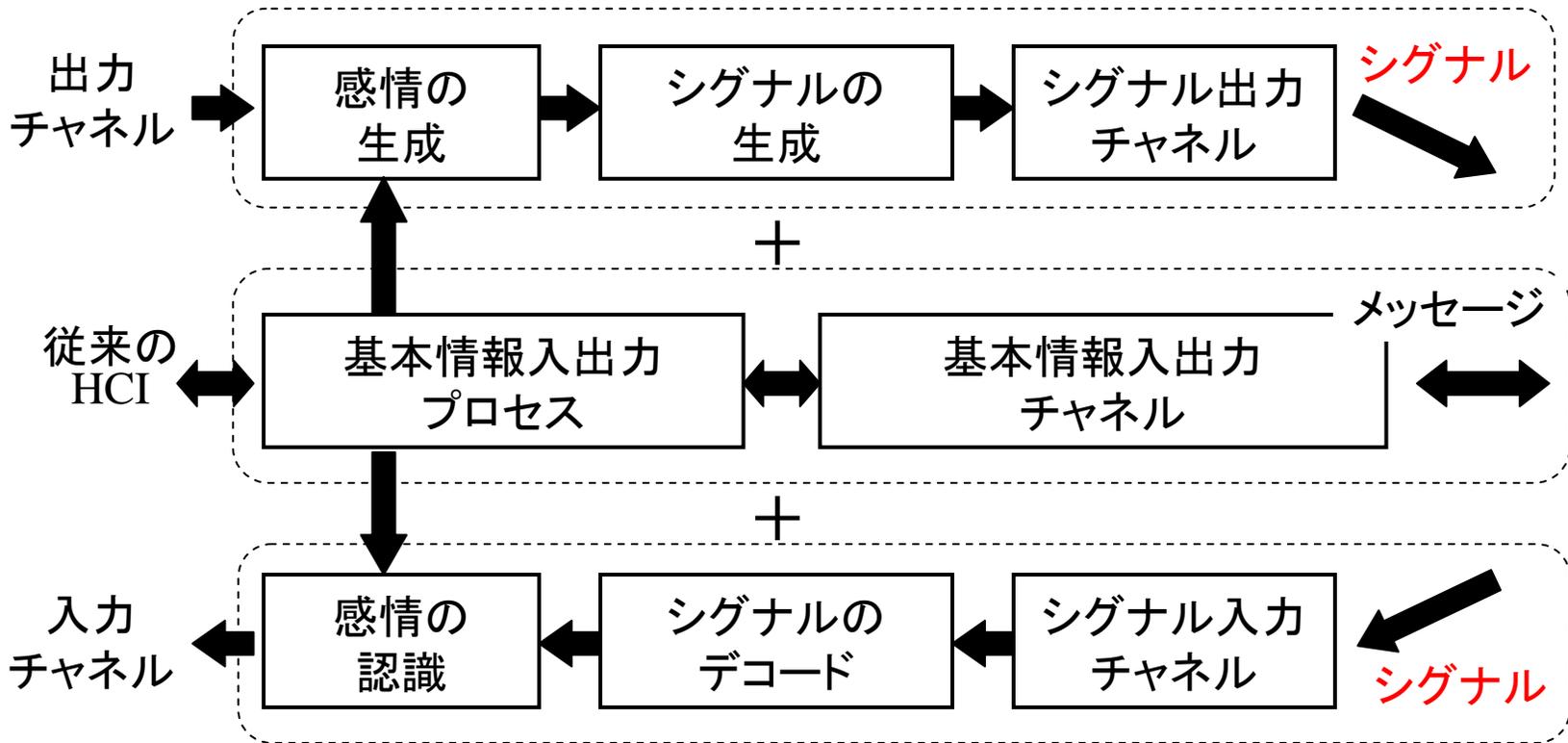
- 暗示的な情報: 非言語情報
表情、視線、身振り手振り、瞬目など

➡ 相手の意図や動機を推定する手がかり

アフェクティブインタフェースは暗示的な情報を感情に結びつけて取り扱う

➡ 機械と人間とのスムーズなコミュニケーションを図る

アフェクティブインタフェースの構成



メッセージ: 明示的な操作情報

シグナル: 暗示的な感情情報

(表情、身振り、声のピッチ・トーン、視線、瞬目など)

アフェクティブインタフェースの目的

アフェクティブインタフェースの目的:

機械と人間の円滑なコミュニケーションを実現する
人間の感情に適応する

- 「機械と人間の円滑なコミュニケーションを実現する」

→ 「感情」を扱うことで円滑なコミュニケーションを実現できるのか？

「円滑なコミュニケーション」とは何か？

- 「人間の感情に適応する」

→ 感情に「適応」とはどういうことか？

適応することで何ができるのか？

入力チャネルの目的

(1) 人間の意図や動機を推定する

感情は人間の行動を動機付ける

- 機械を操作している状況と操作している人間の感情を認識することで、人間の意図や動機が推定できる
- 意図や動機に即した対応が可能

(2) 認知バイアスや身体的な変化を推定する

強い感情は人間の認知や身体に影響を与える

- 驚き・怒り・恐怖等の感情を認識することで、認知的バイアスや身体的変化が推定できる
- ヒューマンエラーの可能性を予測できる

出力チャネルの目的

(1) **親しみやすい**インタフェースの実現

感情を表出することで、人間の心理的障壁を低くする
ペットロボットが人工感情を持っているのと同じ

(2) 情報を**直感的にわかりやすい**「感情」として表現

人間には元来、他人の感情を直感的に理解する能力がある
→ 補助的な情報を「感情」として人間に伝える
(自動化制御の意図や提示情報の意味など)

(3) 共感／反発により人間の**感情をコントロール**

人間は他人の感情に共感／反発する特性がある
→ 人間の感情をコントロールし、動機付け等に応用
(マインドコントロール? 注意が必要)

アフェクティブインタフェースの要素技術研究

アフェクティブインタフェースのシグナル:

音声、顔表情、身振り、視線、瞬目など

感情を直接反映しやすいシグナル: **顔表情**に着目

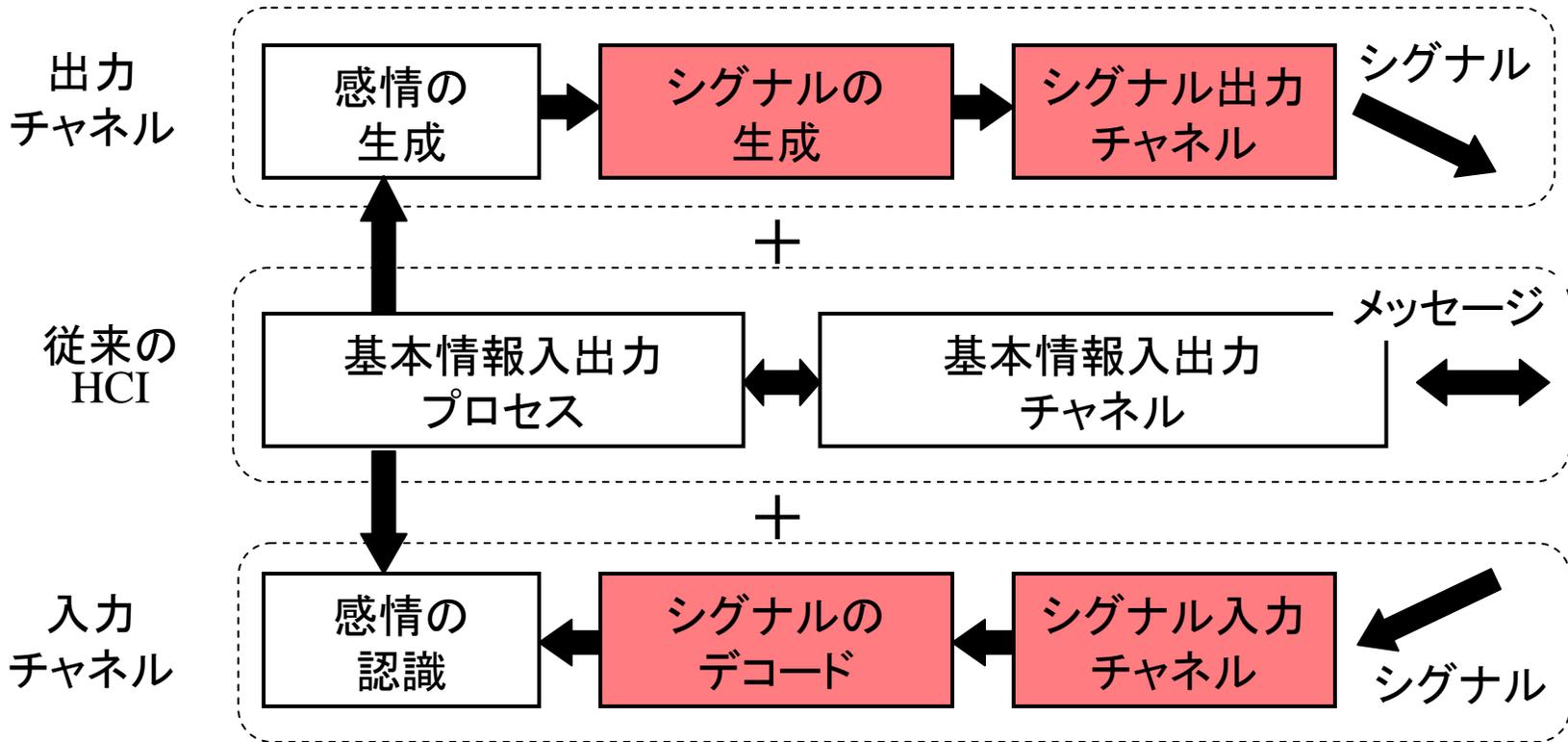
認識技術: **表情認識**

ー リアルタイムで人間の表情を認識する
個人認識・認証などにも

生成技術: **表情合成**

ー リアルタイムで表情を合成し提示する
映画やゲームなどにも

アフェクティブインタフェースの構成



メッセージ: 明示的な操作情報

シグナル: 暗示的な感情情報

(表情、身振り、声のピッチ・トーン、視線、瞬目など)

人間の表情表出と表情記述法

表情筋

- ▶ 顔面の皮膚の下にある筋肉
- ▶ 収縮・弛緩により表情を表出
- ▶ 線形筋と括約筋がある

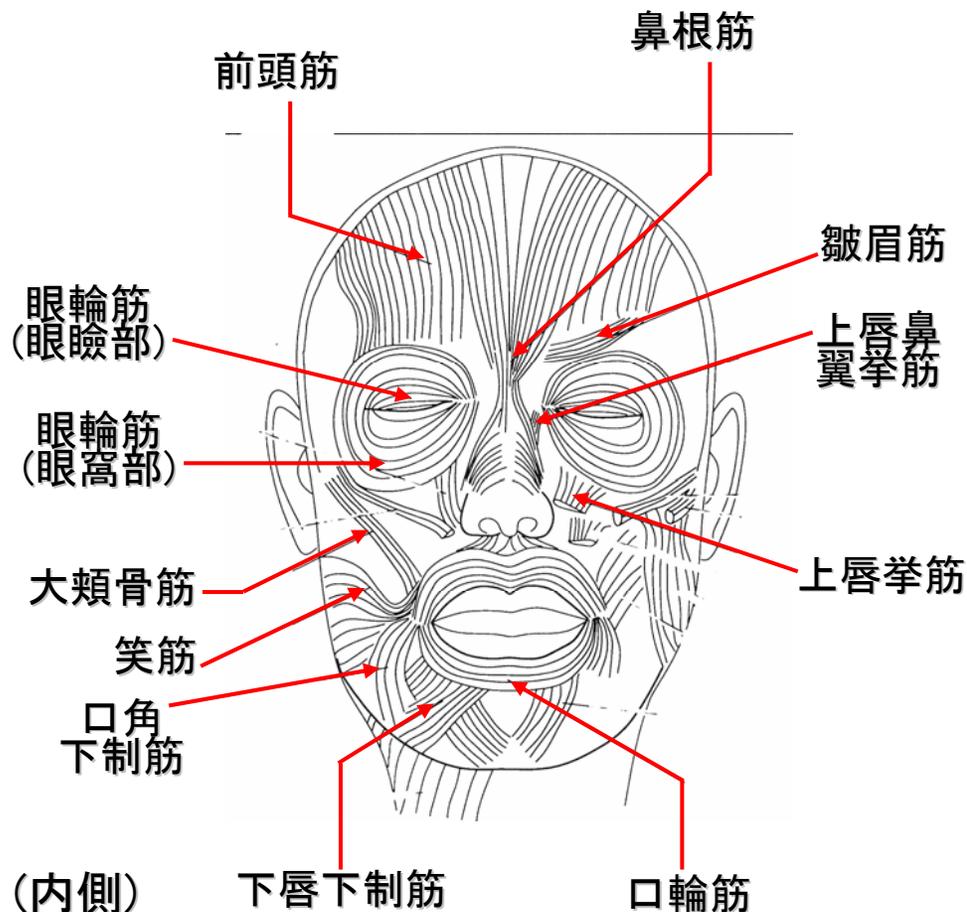
表情記述法: FACS (Ekman)

- ▶ AU (Action Unit) と呼ばれる解剖学的に独立した視覚的に識別可能な表情動作の最小単位により表情を記述
- ▶ AUの組合せにより人間のあらゆる表情を記述可能

表情、表情筋、AUの関連

例: 驚きの表情

AU1	眉の内側を上げる	→ 前頭筋 (内側)
AU2	眉の外側を上げる	→ 前頭筋 (外側)
AU5	上瞼を上げる	→ 眼輪筋
AU26	顎を下げて唇を開く	→ 下顎の回転



顔表情の認識研究

リアルタイム表情認識研究

入力: カラーCCDカメラにより撮影された動画像

処理: (1)撮影画像の背景から顔部分を抜き出す



(2)顔画像から特徴を抽出し符号化する



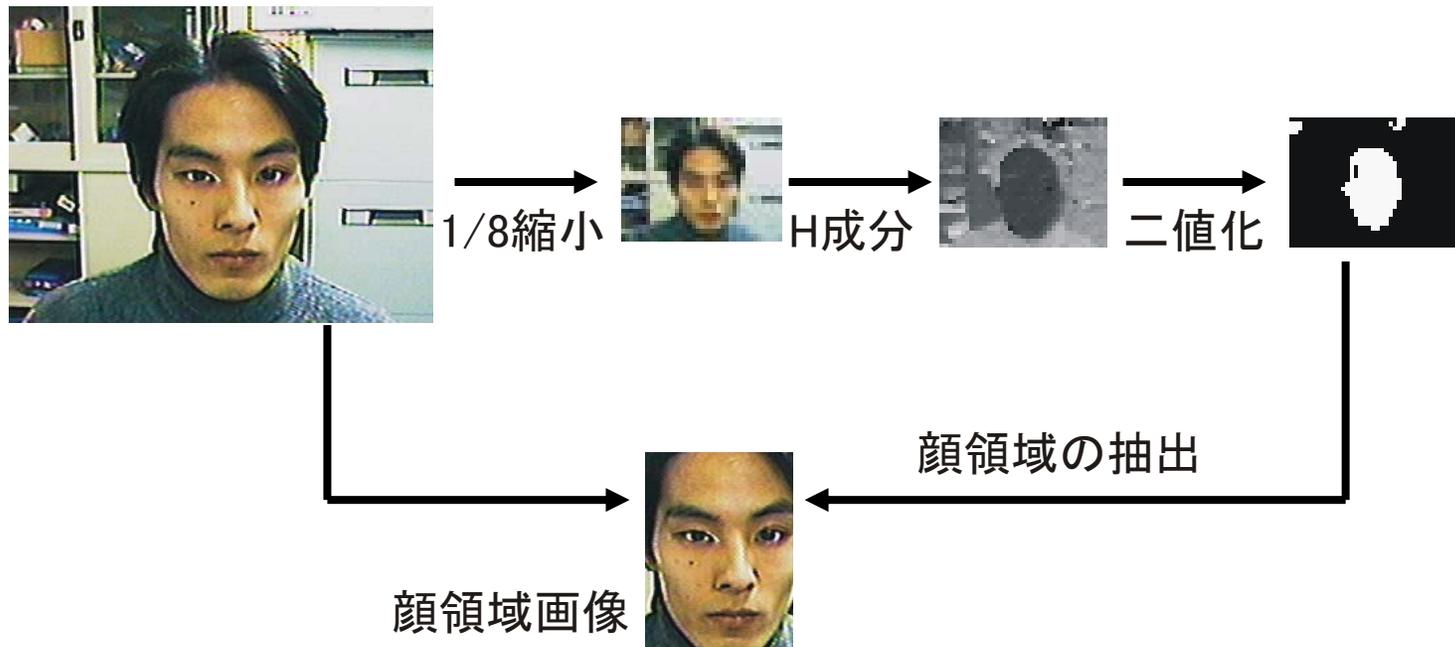
(3)抽出した符号を表情に変換する

出力: 表情の種類・強度、表出時の時間など

撮影画像から顔部分を抜き出す

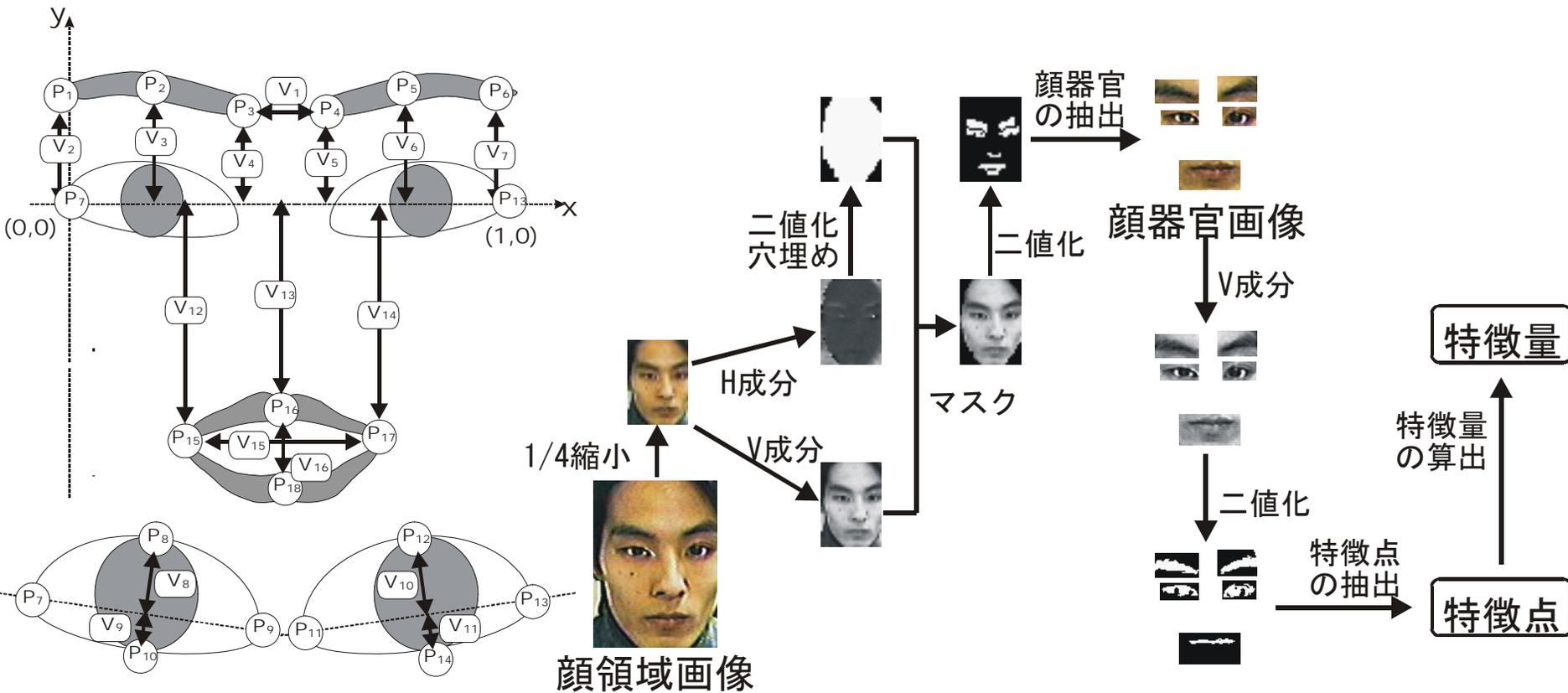
- **色情報**により顔部分を認識して抽出する方法
- あらかじめ記録した背景画像との差異から顔部分を認識する方法
- 顔形状とのテンプレートマッチングをとる方法 など

(例) 色情報の利用



顔画像から特徴を符号化する

- 顔器官を抽出しその**特徴点の位置変化**を特徴量とするもの
- 顔器官の輪郭形状の変化を特徴量とするもの
- 皮膚表面の移動を特徴量とするもの など



抽出した符号から表情を推定する

- ルールによる推定
- HMMによる推定
- NNによる推定 など

(例) FACSに基づくファジールール

If V_i is *Large(L)* and V_j is *Small(S)* then
 Exp_k is *Strong(ST)* and Exp_{others} are *Weak(WK)*.

顔の中央部
のルール

	V4	V5	V8	V9	V10	V11	V12	V14
Anger	S	S	S	S	S	S	M	M
Disgust	S	S	S	S	S	S	S	S
Fear	L	L	L	S	L	S	M	M
Happy	M	M	M	S	M	S	S	S
Sadness	M	M	S	S	S	S	L	L
Surprise	L	L	L	M	L	M	M	M
Neutral	M	M	M	M	M	M	M	M

表情認識例 ー 入力画像



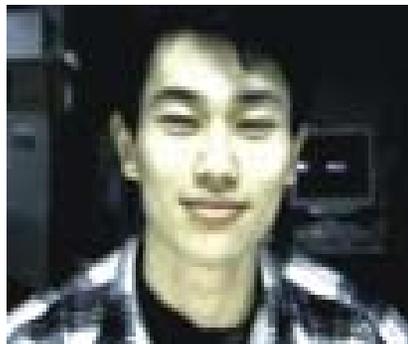
Frame 1



Frame 5



Frame 9



Frame 41

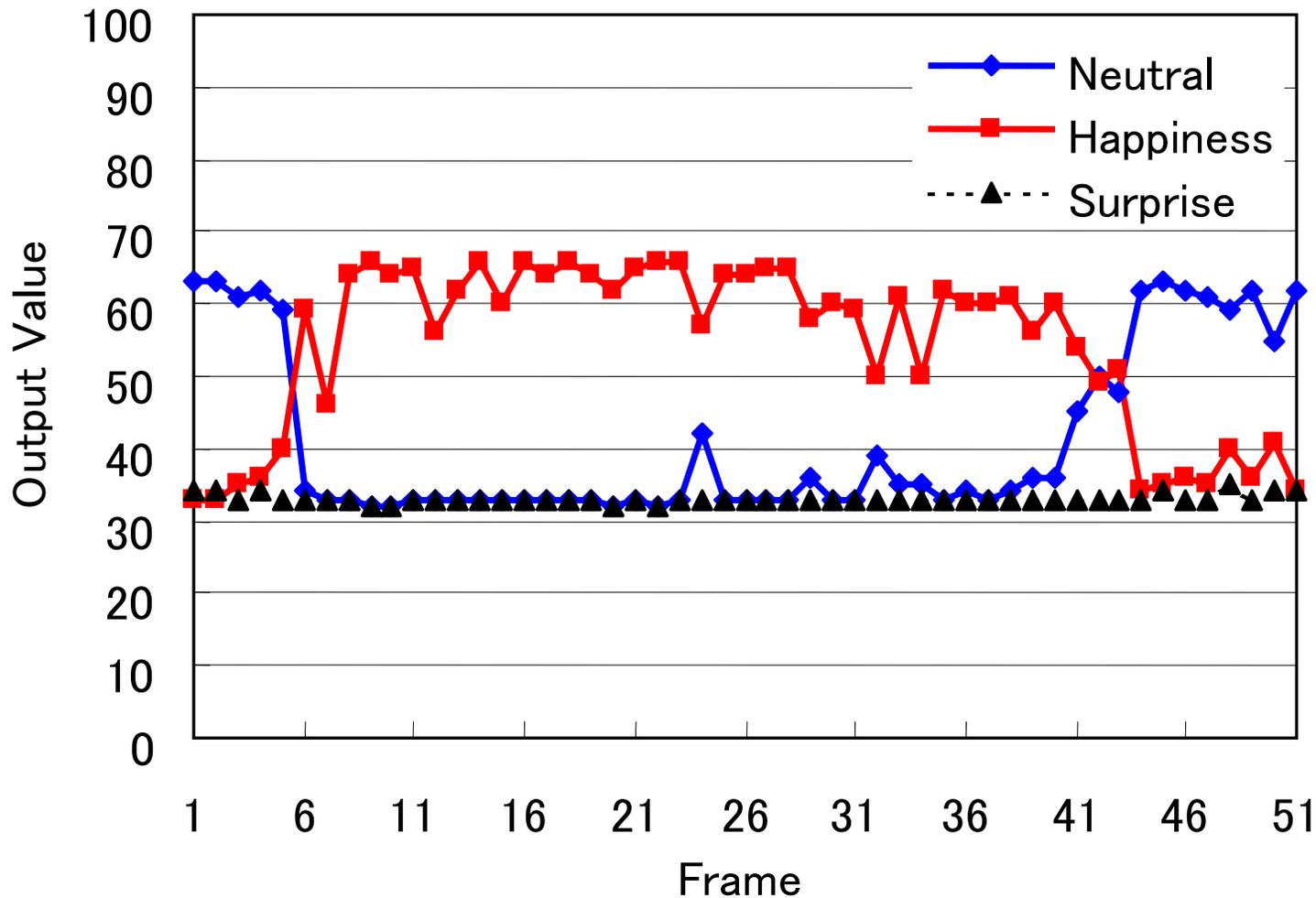


Frame 45



Frame 49

表情認識例 — 認識結果



顔表情の合成

擬人化エージェントの顔表情を合成する

(主にコンピュータのディスプレイ上に表示)

アニメーションで表示

}	•線画の顔	計算負荷が小さい
	•2次元顔画像	比較的リアル
	•3次元顔画像	リアル、計算負荷が大きい

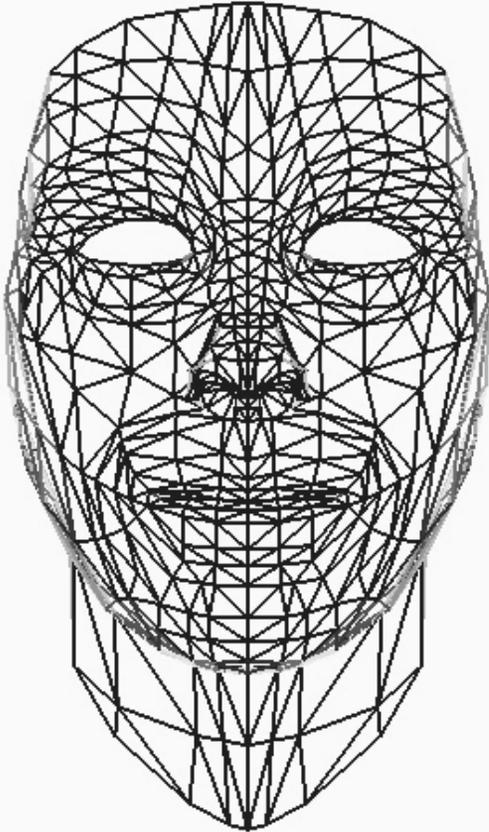
入力: 感情の種類・強度、時間

処理: (1)表情を顔画像の動作に変換する
(2)顔画像を変形してアニメーションとして表示する

出力: 顔表情のアニメーション

顔表情合成の一例

表情を3次元モデルの顔でアニメーション表示する



無表情



驚き



怒り

(1)表情を顔画像の動作に変換する

①表情をAU(Action Unit)の組合せで表現する

(例)「驚き」

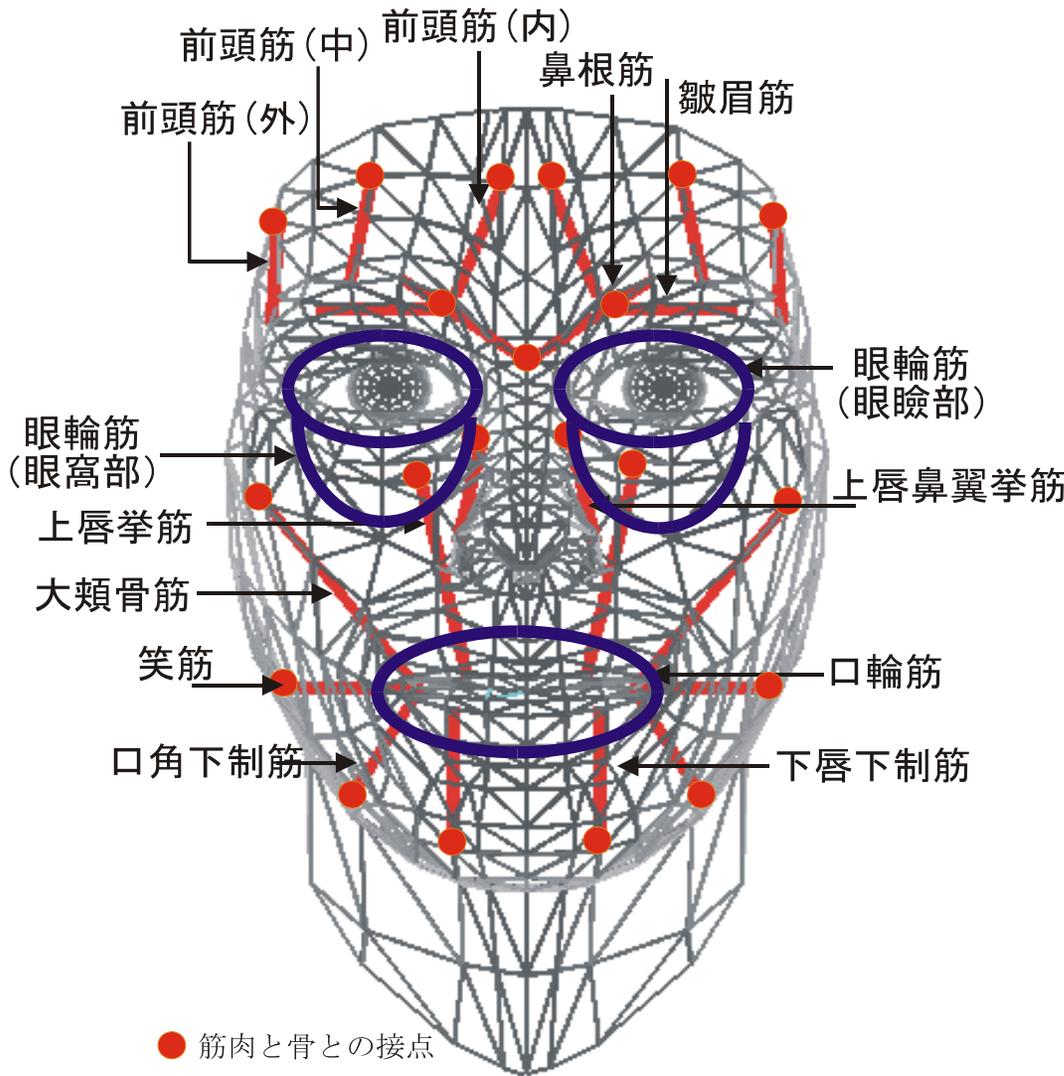
➡ AU1 (内眉を上げる) + AU2 (外眉を上げる) +
AU5 (上瞼を上げる) + AU26 (口を開ける)

②AUに対応した表情筋の収縮に変換する

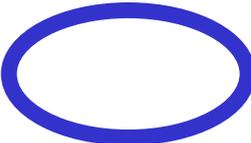
➡ 内側前頭筋 (0.14) + 外側前頭筋 (0.17) +
眼瞼部眼輪筋 (-0.48) + 顎の回転 (14.4 deg.)

表出時間:0.4秒、 時間変化パターン:加速度連続

(2) 顔画像を変形してアニメーションで表示する



表情筋をモデル化し、
皮膚表面の動きを
シミュレーションする

- 線形筋  →
- 括約筋  →
- 顎骨の回転移動 →

表情の合成例



無表情
(中立)



喜び



驚き



悲しみ



恐れ



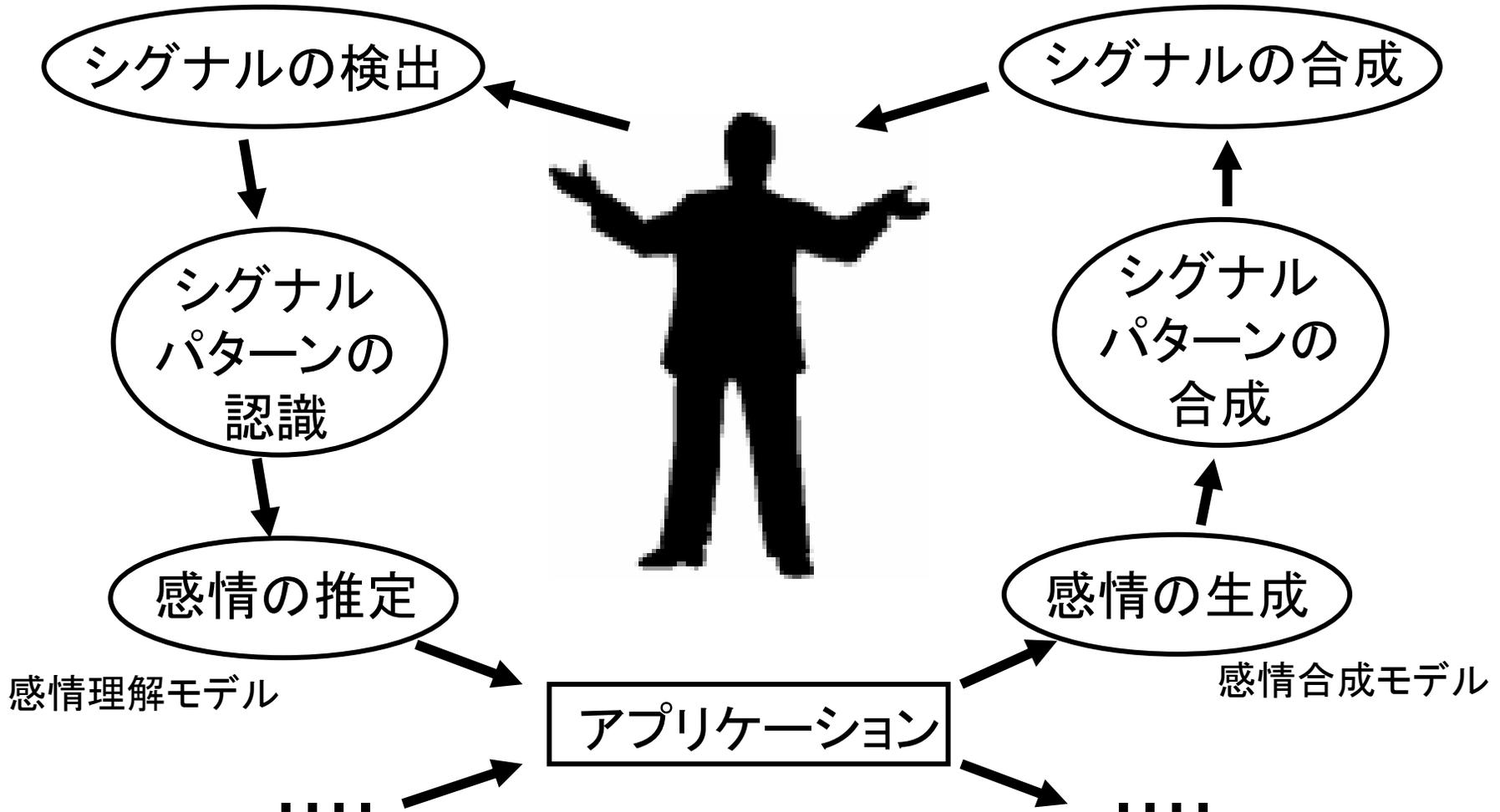
嫌悪



怒り

構成要素研究

アフェクティブインタフェース



アフエクティブアクセサリー(1)

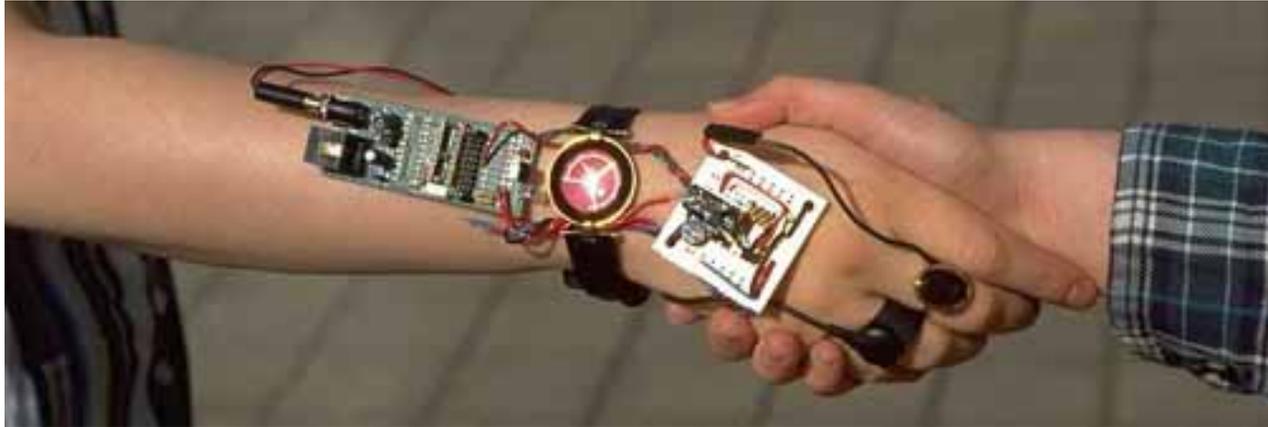
BVP(Blood Volume Pressure) Earring
(血圧計測イヤリング)



血圧を計測して、赤外線通信により身体に付けた受信機に送信する。

アフェクティブアクセサリー(2)

Galvanic Skin Response (GSR) rings and bracelet (皮膚電位反応計測指輪とブレスレット)



GSR Sandals (皮膚電位反応計測サンダル)



Galvactivator

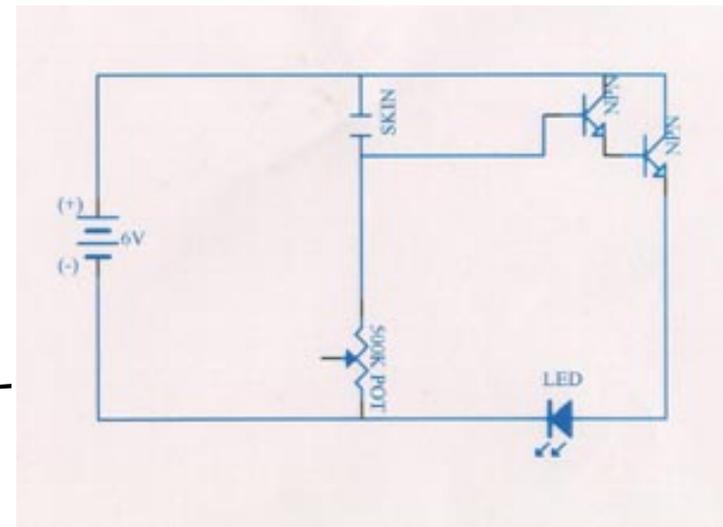


手のひらのSPRを計測し、
あるレベル以上になると
LEDを点灯させる。



活性化レベルを視覚的に表現する

1. 左手に装着する
2. ダイヤルを指の方向へ止まるまで回す
3. 5分間安静にする
4. LEDが薄く点灯するまでダイヤルを逆に回す
5. 準備完了



Affective Glasses

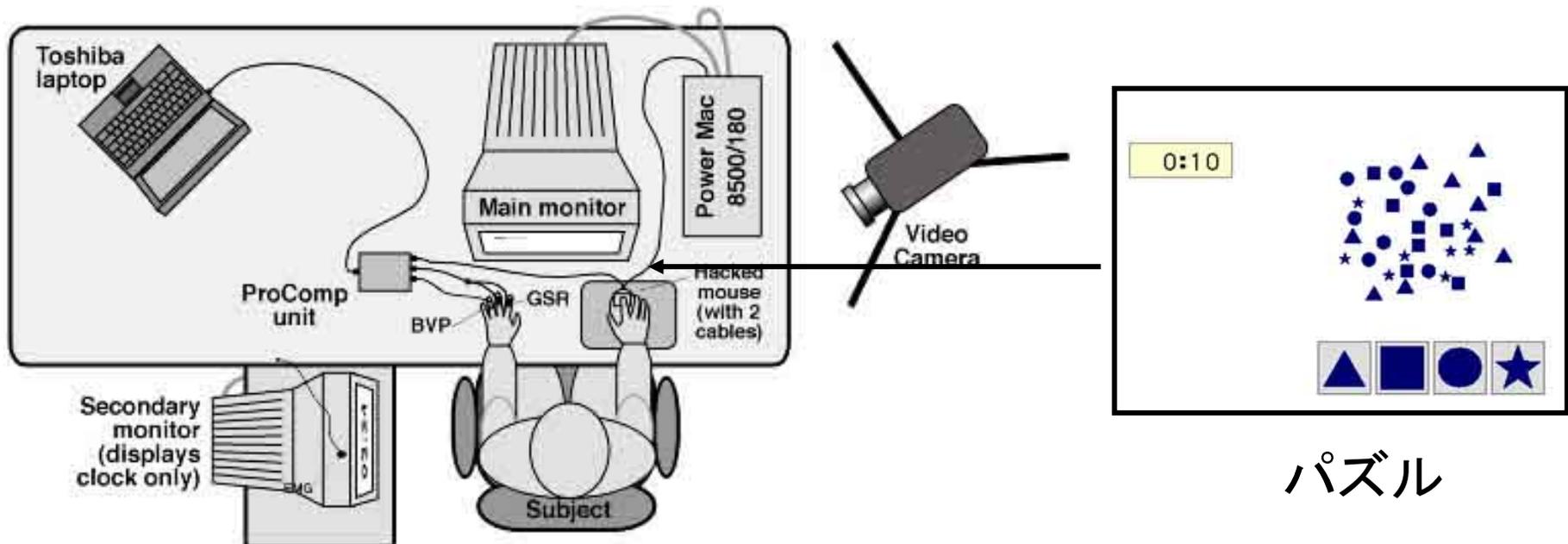
フレームの2つの圧電素子から表情筋の動作を計測し、
装着者の「混乱」と「興味」を判別する



Affective Glasses
(眼鏡部分のみ)

BVPとGSRによるフラストレーション推定

血圧と皮膚抵抗反応から隠れマルコフモデルによりフラストレーションを推定する



自動車運転中のストレス検出

顔表情カメラ



Facial Expression Camera



音声・環境音

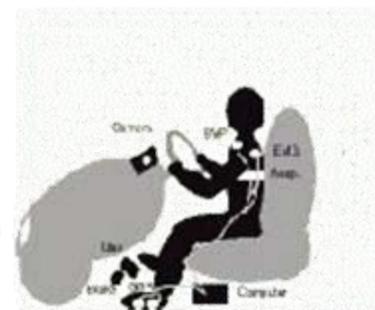
交通状況カメラ



Traffic Context Camera



Synchronized Video Output



生理指標センサ (EKG, EMG, Resp., GSR)

僧帽筋

左足

アフェクティブ音声合成

音声合成の際のピッチ、タイミング、声質、明瞭さを変化させて感情を含んだ音声を作成



ピッチ



声質



明瞭さ



喜び



怒り



恐れ



驚き



悲しみ



嫌悪

Affective Editor (Based on DECTalk3)

アフェクティブインタフェースの将来展望

アフェクティブインタフェースの目指す方向:

→ 「感情」をも扱う**マルチモーダル擬人化インタフェース**の実現

人間からの指示を実行する間接指示型インタフェース



言葉や身振りだけでなく、表情や視線等のモダリティを使用

(例) 高度に複雑化・自動化している機器では、

- 擬人化エージェントに意図を伝えるだけで制御できる
- 自動制御の意図をわかりやすく人間に伝える

→ 「**信頼できるパートナー**」へ

アフェクティブインタフェースの応用分野と将来課題

擬人化インタフェースの応用分野

- 航空機やプラントのような大規模工学システム制御のパートナー
- 情報機器操作のナビゲーター
- 教育訓練分野での家庭教師やインストラクター
- 娯楽分野でのエンターテイナー など

将来課題

- 符号化されたシグナルと状況からの感情推定
- 人工感情の生成(親しみ、情報提示、感情コントロール)
- 複数の入力／出力チャネルの統合
- 擬人化エージェントの知能と感情の協調