

視線計測と インタラクション・コミュニケーション

日本電信電話株式会社 第二部門
大野健彦
t.ohno@hco.ntt.co.jp



Léonard de Vinci,
Ostatnia Wieczerza, 1498

本日の話題

- 視線の役割
- 視線を測る
- 視線で動かす
- 視線を交わす

2007/6/23

ヒューマンインタフェース研究会共生システム専門研究会

2

視線の機能



Léonard de Vinci,
Portrait of Monna Lisa, 1503-06

1. 対象の知覚情報を取得する
監視機能
2. 意図や感情を相手に伝授する
表現機能
3. 対話における発言権の授受を調整する
調整機能

[Kendon 1967]

2007/6/23

ヒューマンインタフェース研究会共生システム専門研究会

5

視線の役割

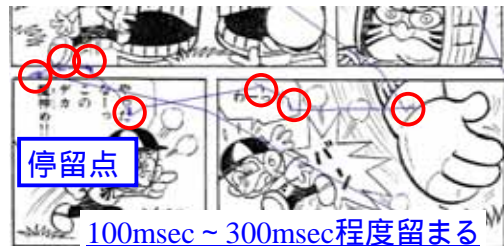
2007/6/23

ヒューマンインタフェース研究会共生システム専門研究会

3

視線の特徴

- 停留とサッケードを繰り返す



100msec ~ 300msec程度留まる

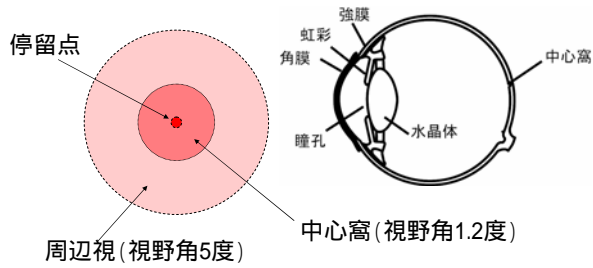
2007/6/23

ヒューマンインタフェース研究会共生システム専門研究会

6

視線の特徴

- 中心窩付近しかはっきりと見えない

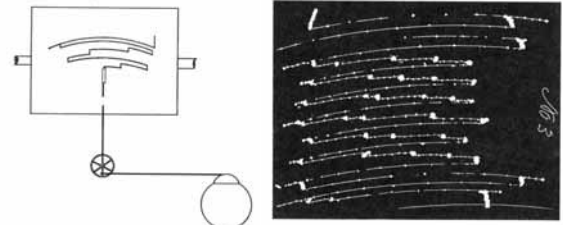


2007/6/23

ヒューマンインタフェース研究会共生システム専門研究会

7

視線計測の歴史(1)



石膏製コンタクトレンズ

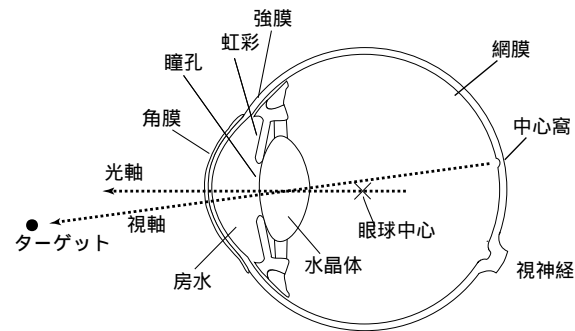
[Huey 1897]

2007/6/23

ヒューマンインタフェース研究会共生システム専門研究会

10

眼球と視線

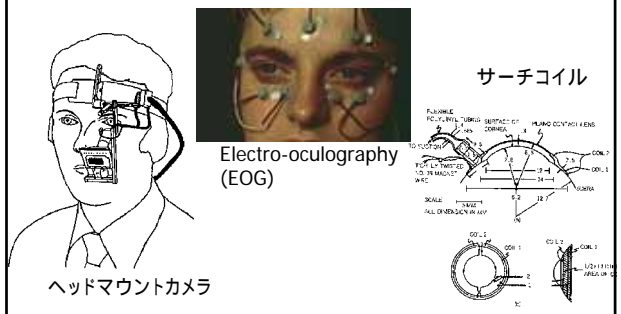


2007/6/23

ヒューマンインタフェース研究会共生システム専門研究会

8

視線計測の歴史(2)



2007/6/23

ヒューマンインタフェース研究会共生システム1

図 2-14 b Robinson の実験 (Robinson, 1963)

視線を測る

2007/6/23

ヒューマンインタフェース研究会共生システム専門研究会

9

視線をどのように測るか？

- 人が観察 (計測装置が利用できない)
- 角膜反射法 (近赤外線を照射)
- 顔特徴の利用 (可視光線) ビジョン技術
- 強膜トラッカー法 (白目と黒目の境界)
- サーチコイル
- Electro-oculography (EOG) 電位差の計測

2007/6/23

ヒューマンインタフェース研究会共生システム専門研究会

12

可視光線タイプ



虹彩輪郭 + 顔の特徴位置



SeeingsMachines FaceLab

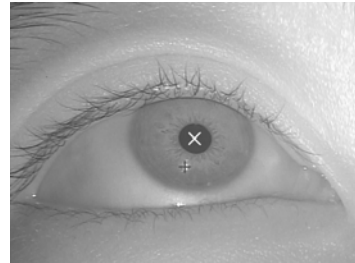
2007/6/23

ヒューマンインタフェース研究会共生システム専門研究会

13

近赤外線カメラで撮影した眼球像

- 近赤外線点光源を照射
 - 瞳孔、ブルキニエ像(角膜反射像)が得られる



2007/6/23

ヒューマンインタフェース研究会共生システム専門研究会

16

近赤外線タイプ

- 頭部装着型
- 据え置き型
 - 頭部位置固定
 - 頭部位置自由



Figure 1- Lightweight, dark pupil, eyetracking headgear

Lightweight eye tracker [Babcock,2004]



NAC EMR-NC
(NTT基礎研究所開発)

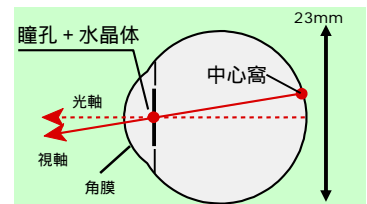
2007/6/23

ヒューマンインタフェース研究会共生システム専門研究会

14

視線検出はなぜ難しいか

- 対象が生体
- 個人差
- 眼鏡の影響
- 正解がない



2007/6/23

ヒューマンインタフェース研究会共生システム専門研究会

17

視線測定 of 課題

- 簡単に使えない
- ユーザへの制約が大きい
- 測定できない場合がある, すぐに誤差が増大する
- 持ち運びが大変
- コストが高い

2007/6/23

ヒューマンインタフェース研究会共生システム専門研究会

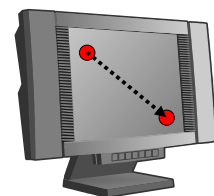
15

FreeGaze: 簡単に使える視線測定システム



頭部位置固定

[Ohno 2002]



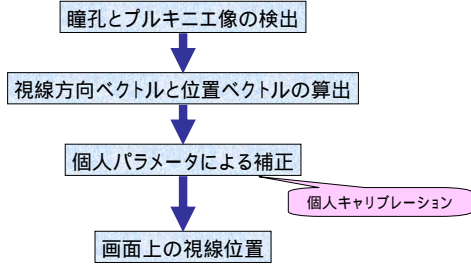
2点キャリブレーション
(一般には9から20点が必要)

2007/6/23

ヒューマンインタフェース研究会共生システム専門研究会

18

視線検出の手順

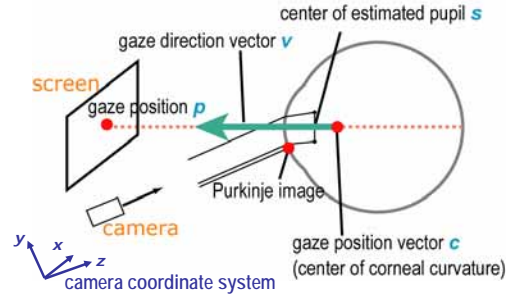


2007/6/23

ヒューマンインタフェース研究会共生システム専門研究会

19

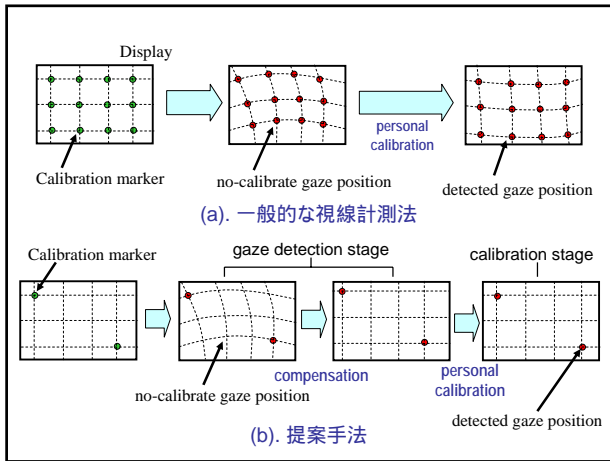
視線方向ベクトルと位置ベクトルの算出



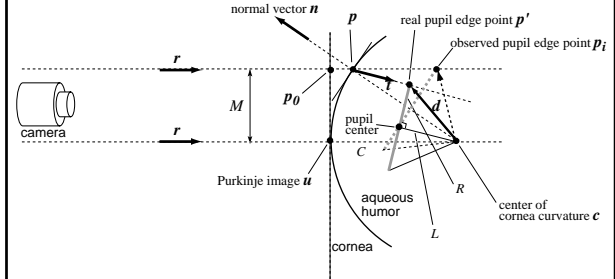
2007/6/23

ヒューマンインタフェース研究会共生システム専門研究会

22



眼球形状モデルによる視線算出 (1)



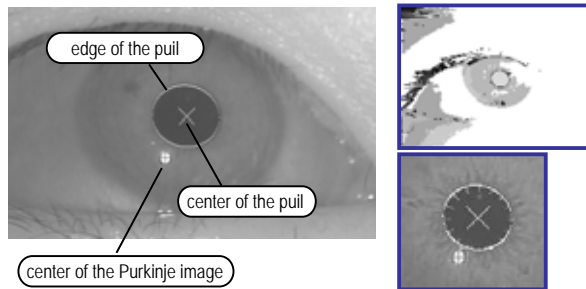
2007/6/23

ヒューマンインタフェース研究会共生システム専門研究会

23

瞳孔とプルキニエ像の検出

セグメント化 特徴検出 精緻化



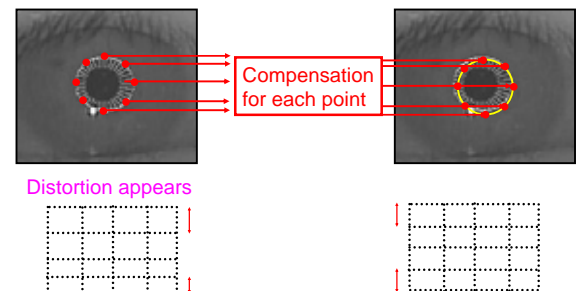
2007/6/23

ヒューマンインタフェース研究会共生システム専門研究会

21

眼球形状モデルによる視線算出 (2)

■ 瞳孔中心の推定

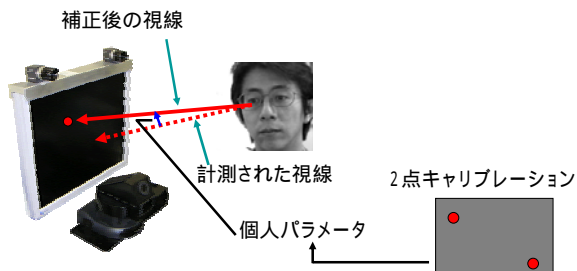


2007/6/23

ヒューマンインタフェース研究会共生システム専門研究会

24

個人パラメータによる補正



2007/6/23

ヒューマンインタフェース研究会共生システム専門研究会

25

頭部追尾型への拡張



ステレオカメラ + 視線測定カメラ

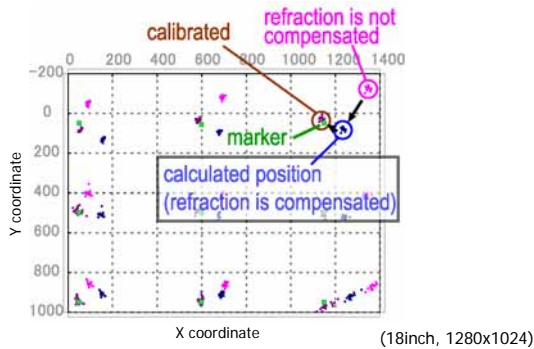
[Ohno 2004]

2007/6/23

ヒューマンインタフェース研究会共生システム専門研究会

28

視線計測例

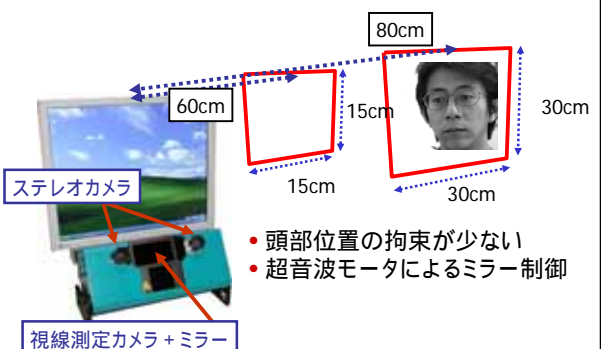


2007/6/23

ヒューマンインタフェース研究会共生システム専門研究会

26

頭部追従モデル



2007/6/23

ヒューマンインタフェース研究会共生システム専門研究会

29

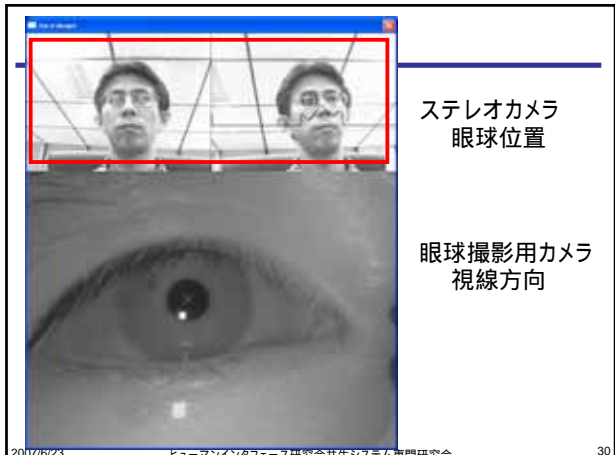
頭部位置の固定が必要

- ユーザへの負担が大きい



2007/6/23

ヒューマンインタフェース研究会共生システム専門研究会



2007/6/23

ヒューマンインタフェース研究会共生システム専門研究会

30

Head-Free Gaze Tracking System

FreeGaze/Blue

Takehiko Ohno
NTT Cyber Solutions Lab.

2007/6/23 ヒューマンインタフェース研究会共生システム専門研究会 31

眼球形状の個人差推定

- 2点のLEDを眼球に照射

d_0 を推定
(カメラから眼球までの距離を利用)

2007/6/23 ヒューマンインタフェース研究会共生システム専門研究会 34

オートフォーカスモデル

- オートフォーカスカメラ
- 低コスト(市販カメラ + LED)

近赤外線モジュール
視線測定カメラ

2007/6/23 ヒューマンインタフェース研究会共生システム専門研究会 32

計測精度(被験者6名)

- 測定精度(視野角)

best: 1.03度
worst: 3.94度
average: 2.07度

画面上の誤差

2007/6/23 ヒューマンインタフェース研究会共生システム専門研究会 35

1点キャリブレーション [Ohno,2006]

- 自動フォーカスカメラ + 2点のLED
 - 近赤外線を利用した視線計測法
 - 画面上の1点を注視することで視線計測を実現
 - 視線計測時の設定を大幅に軽減

2007/6/23 ヒューマンインタフェース研究会共生システム専門研究会 33

視線測定はここまで来た!

- 簡単に使えない
 - 一点キャリブレーション
- ユーザへの制約が大きい
 - 眼球追従
- 測定できない場合がある, すぐに誤差が増大する
 - ロバストな画像処理
- 持ち運びが大変
 - 小型の計測システム
- コストが高い
 - 市販のカメラ + LEDモジュール

2007/6/23 ヒューマンインタフェース研究会共生システム専門研究会 36

視線で動かす ～視線とインタラクション～

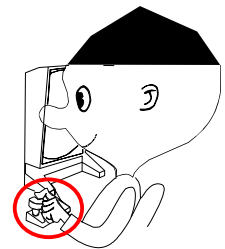
2007/6/23

ヒューマンインタフェース研究会共生システム専門研究会

37

視線による選択(3)

- 一定時間見る(dwell time)
- “Magic Button”を用意する
 - 視線とマウスの併用 [Zhai,1999]
- 瞬き, ウィンクの利用
 - 選択時にウィンク [Shaw,1990]
- その他の選択方法



“Magic Button”

2007/6/23

ヒューマンインタフェース研究会共生システム専門研究会

40

視線とインタラクション

- コマンド型インタフェース
 - 視線による選択
 - 視線メニュー、視線キーボード
- 非コマンド型インタフェース
 - 視線に基づく記憶支援
 - 視線を利用した意図推定

2007/6/23

ヒューマンインタフェース研究会共生システム専門研究会

38

Dwell time (1)

- 一定時間, 注視し続ければ選択可能(ex. 1000msec)
- Visual feedbackが可能



“EyeCon” [Hansen,1995]

2007/6/23

ヒューマンインタフェース研究会共生システム専門研究会

41

視線による選択(2)

- 見たものが選択される
- 見たものが次々に実行される

ミダス王

紀元前8世紀、フリギアの王。
触れるものがすべて黄金に変わる
能力を授かる(=Midas Touch)

Apollo

Midas



Midas Touch Problem

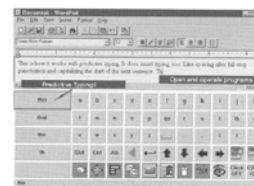
情報取得と選択を弁別する手段が必要

2007/6/23

ヒューマンインタフェース研究会共生システム専門研究会

39

Dwell time (2)



HandsOFF!



Prototype system by Ohno

2007/6/23

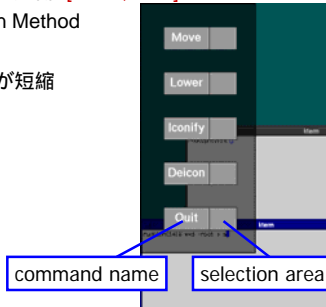
ヒューマンインタフェース研究会共生システム専門研究会

42

ただちに選択 (1)

■ コマンド名と選択領域の分離 [Ohno,1998]

- QuickGlance Selection Method
- 高速な選択が可能
- 学習によって選択時間が短縮



command name

selection area

2007/6/23

ヒューマンインタフェース研究会共生システム専門研究会

43

視線に基づく記憶支援

■ 電子文書における「再利用問題」

- 大量の文書にアクセス可能
- 物理的特長の欠如
人の情報処理能力の限界



2007/6/23

ヒューマンインタフェース研究会共生システム専門研究会

46

ただちに選択 (2)

■ QGSM with screen keyboard [Ohno,2003]



selection area

command name

2007/6/23

ヒューマンインタフェース研究会共生システム専門研究会

44

2種類のトレース

■ 能動型トレース

- ユーザが明示的に付与
- ブックマーク、注釈、ポストイットなど
トレース生成のコスト



■ 受動型トレース

- ユーザの行動に基づき自動的に生成
- History, Footprint [Wexelbrat,1999]
- Edit Wear / Read Wear [Hill,1992]
トレースの粒度、精度に課題

■ 受動型トレースを視線に基づき生成

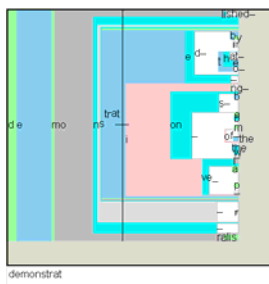
2007/6/23

ヒューマンインタフェース研究会共生システム専門研究会

47

Zoom + Selection

■ “Dasher” [Ward,2002]



demonstrat

2007/6/23

ヒューマンインタフェース研究会共生システム専門研究会

45

EyePrint: 視線の痕跡を利用した文書閲覧支援

[Ohno2004,2007]

■ 文書閲覧時の視線から痕跡を生成

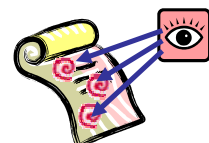
- ユーザの情報取得を反映
- 粒度が細かい

■ 閲覧の支援

- 痕跡の可視化
- ズーミング、検索など



footprint

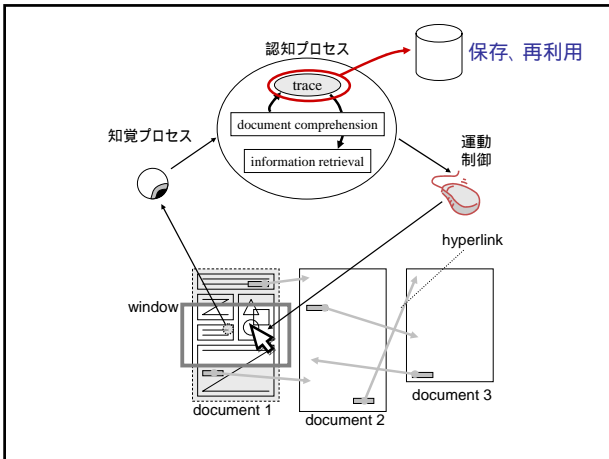


eyeprint

2007/6/23

ヒューマンインタフェース研究会共生システム専門研究会

48



視線パターンによる決定木の生成

- 教師あり学習に基づく決定木の生成
- リアルタイムで未知語を判定

Discriminate unknown words in real-time

{in_direction, inner_direction, out_direction, text length, duration,...}

特徴ベクトル (49次元)

```

duration <= 1694:
...directions_3 <= 0: no (871/2)
: directions_3 > 0: yes (3)
duration > 1694:
...outgoing_directions_4 > 0: yes (8)
outgoing_directions_4 <= 0:
...directions_3 > 0: yes (5)
: directions_3 <= 0:
...lexicon <= 8: no (29/1)
: lexicon > 8:
...size_avg <= 728: yes (3)
: size_avg > 728: no (18/4)

```

決定木

EyePrint:
Support of Document Browsing
with Eye Gaze Trace

Takehiko Ohno
NTT

教師付学習による自動学習

- わからない単語があったらクリック！

This is a unknown word



Click!

unknown
語
1 知られていない単語、不明な語、人の心と意思の
の方向が不明確な不明な語、無意味な単語、
未知の単語
2 量、数量、程度、程度、量、
2 量、数量、程度、程度、量、
2 量、数量、程度、程度、量、

"unknown"に関する特徴ベクトルが生成される



決定木の更新

SemEye:意図推定に基づく自動辞書引き

- 文書を読んでいるだけで辞書をひいてくれる [東中2002]

2007/6/23 ヒューマンインタフェース研究会共生システム専門研究会 51

2007/6/23 ヒューマンインタフェース研究会共生システム専門研究会 54

視線を交わす ～視線とコミュニケーション～

2007/6/23

ヒューマンインタフェース研究会共生システム専門研究会

55

何が違うのか？

- 何を見ているのかがわからない
- 雰囲気が伝わらない
- そもそも、映りが変？

2007/6/23

ヒューマンインタフェース研究会共生システム専門研究会

58

遠隔地間コミュニケーションの進化



2007/6/23

ヒューマンインタフェース研究会共生システム専門研究会

56

映像情報≒顔映像の共有

- 相手の顔から様々な情報を読み取る
- 自分も意識/無意識に情報を表出
 - 頭部の向き
 - 表情
 - 視線方向
 - うなずき
- コミュニケーションの質を向上
 - 対面と同様の環境
 - 円滑なコミュニケーション

2007/6/23

ヒューマンインタフェース研究会共生システム専門研究会

59

遠隔コミュニケーションの現状

- もっぱら音声のみが使われる
- テレビ電話は使われない...
- 対面で会話をするのは、何かが違う

2007/6/23

ヒューマンインタフェース研究会共生システム専門研究会

57

本当に顔映像は必要か？

- テレビ電話はなぜブレイクしないか？
- 対面, 音声, 映像+音声の比較 [Sellen,1995]
 - 会話の特徴量を比較
 - 映像の効果を示せず(課題: デイバート)
 - 音声と映像+音声で差がなし
 - 対面とその他では差があり
- 画質を向上させるより、コミュニケーションの質を向上させよう [Vertegaal,1999]
 - 高画質は広帯域を必要とし、遅延要因となる

2007/6/23

ヒューマンインタフェース研究会共生システム専門研究会

60

視線とジェスチャの共有

■ ClearBoard

[Ishii,1992]

ハーフミラー + 手書き

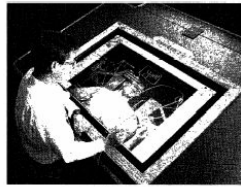


Figure 8. ClearBoard-2 in Use

■ FaceSpace

[Stotts,2004]

半透明画像 + ポインティング



2007/6/23

ヒューマンインタフェース研究会共生システム専門研究会

61

遠隔地間コミュニケーション

■ Weak Awareness [Ohno,2005]



2007/6/23

ヒューマンインタフェース研究会共生システム専門研究会

64

視線と顔方向の提示

■ GAZE Groupware System [Vertegaal,1999]

- 3人間のコミュニケーション
- 対話の方向, 注目位置を伝達



ビデオ映像

注視位置

2007/6/23

ヒューマンインタフェース研究会共生システム専門研究会

62



ユーザの目画像

相手の顔画像

以前の視線

現在の視線

共有画像

2007/6/23

ヒューマンインタフェース研究会共生システム専門研究会

65

対面コミュニケーション



2007/6/23

ヒューマンインタフェース研究会共生システム専門研究会

63

視線の表示

■ 相手画面に視線が表示



最新の視線位置

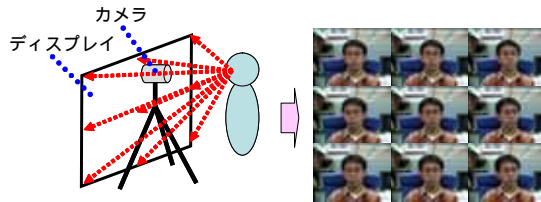
1秒前の視線位置

2007/6/23

ヒューマンインタフェース研究会共生システム専門研究会

顔画像の切り替え

- 画面上の複数箇所を注視した画像を生成



ユーザが見る箇所に応じて切り替え表示

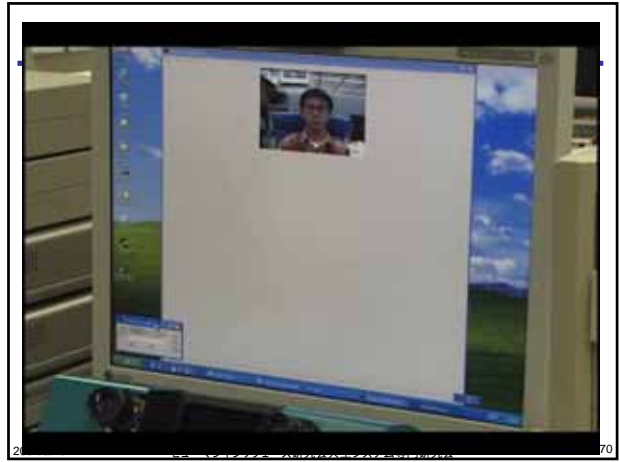
ユーザの顔

キャラクター

2007/6/23

ヒューマンインタフェース研究会共生システム専門研究会

67



2

70

顔画像の切り替え



2007/6/23

ヒューマンインタフェース研究会共生システム専門研究会

68



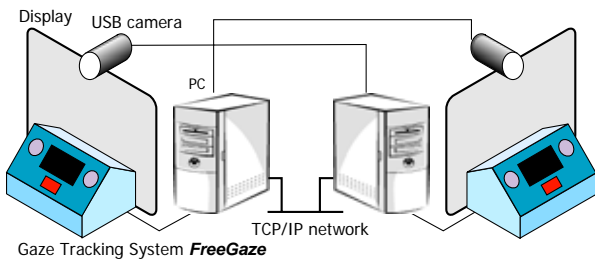
2007/6/23

ヒューマンインタフェース研究会共生システム専門研究会

71

システムの構成

- 2台のシステムを双方向に接続



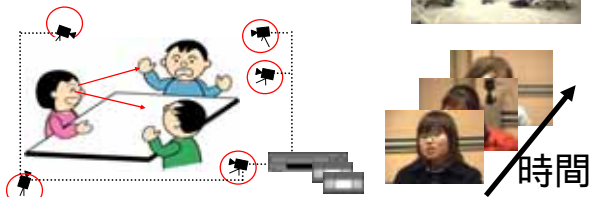
2007/6/23

ヒューマンインタフェース研究会共生システム専門研究会

69

視線に基づく会議の自動編集 [Takemae, 2004]

- ミーティングの自動アーカイブ
- 会議の雰囲気を保存したい
 - 対話の方向
 - 聞き手の反応



2007/6/23

ヒューマンインタフェース研究会共生システム専門研究会

72

もっとも注目を集めた人を撮影

1. 各参加者の視線方向を計測
2. 誰がもっとも注目を集めたかを判定
3. カメラの切り替え



2007/6/23

ヒューマンインタフェース研究会共生システム専門研究会

73

まとめ

- 視線計測技術の進展
応用分野の拡大
計測から視線利用へ
- 視線インタラクション
- コマンド型インタフェース
- 非コマンド型インタフェース
- 視線とコミュニケーション
- 視線情報の伝達、視線を利用した会議の自動編集

2007/6/23

ヒューマンインタフェース研究会共生システム専門研究会

76

発話者を映す手法

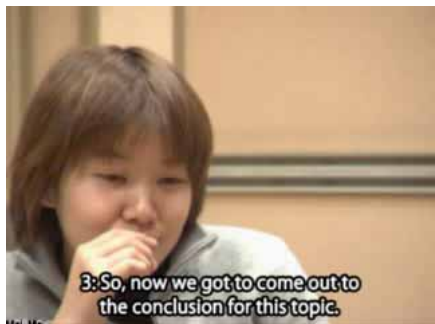


2007/6/23

ヒューマンインタフェース研究会共生システム専門研究会

74

注目された人を映す手法



2007/6/23

ヒューマンインタフェース研究会共生システム専門研究会

75