



R

# 手書き文字認識と対話型訂正機構 による採点システムの構築

立命館大学 情報理工学部

菅 文哉, 山本 晃平, 村尾 和哉, 望月 祐洋, 西尾 信彦

# 背景

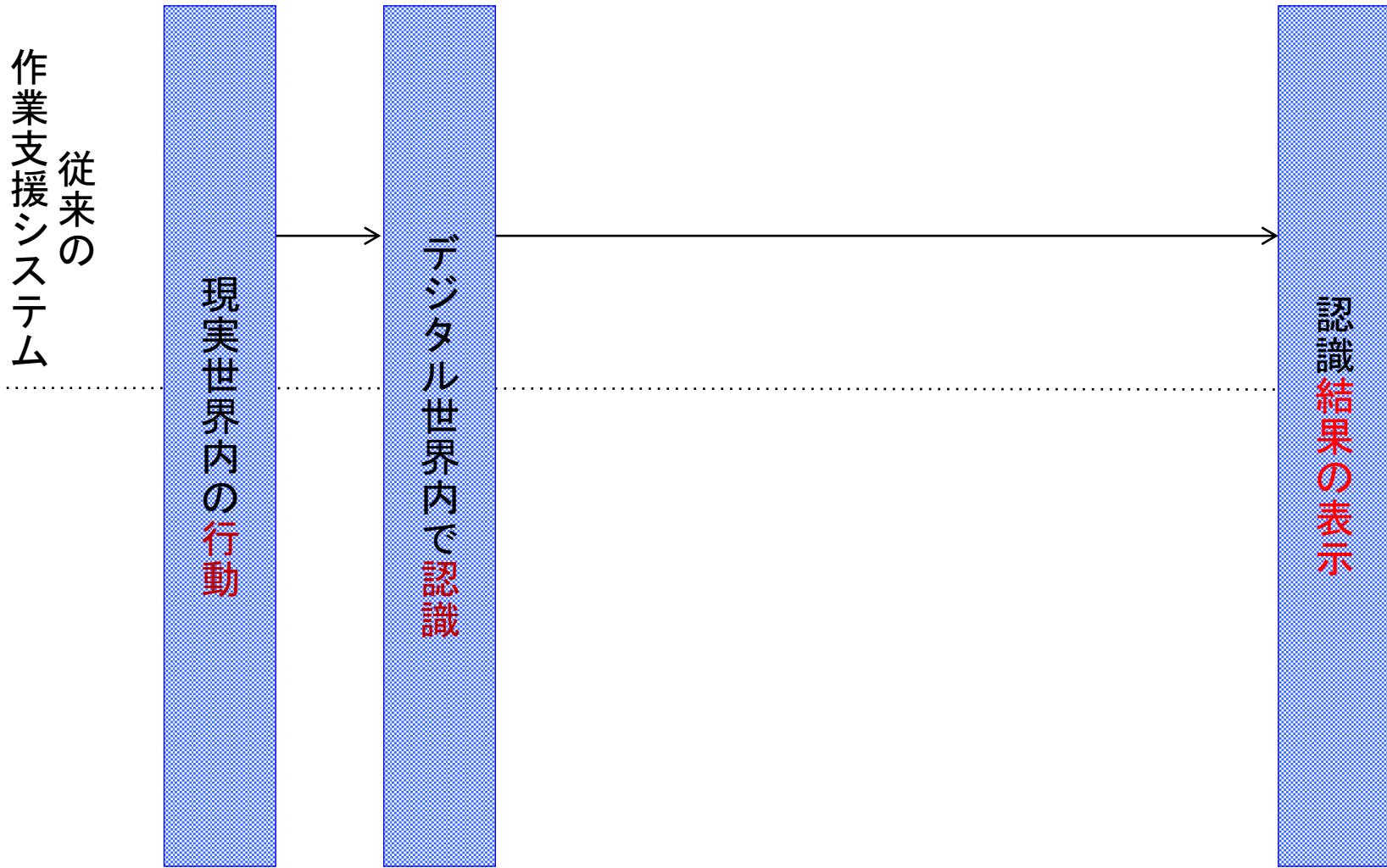
- ・コンピュータを用いた作業支援
  - ▶ 看護師の行動認識による看護日誌の自動作成
  - ▶ 組立工場の作業者の行動認識によるマニュアル表示



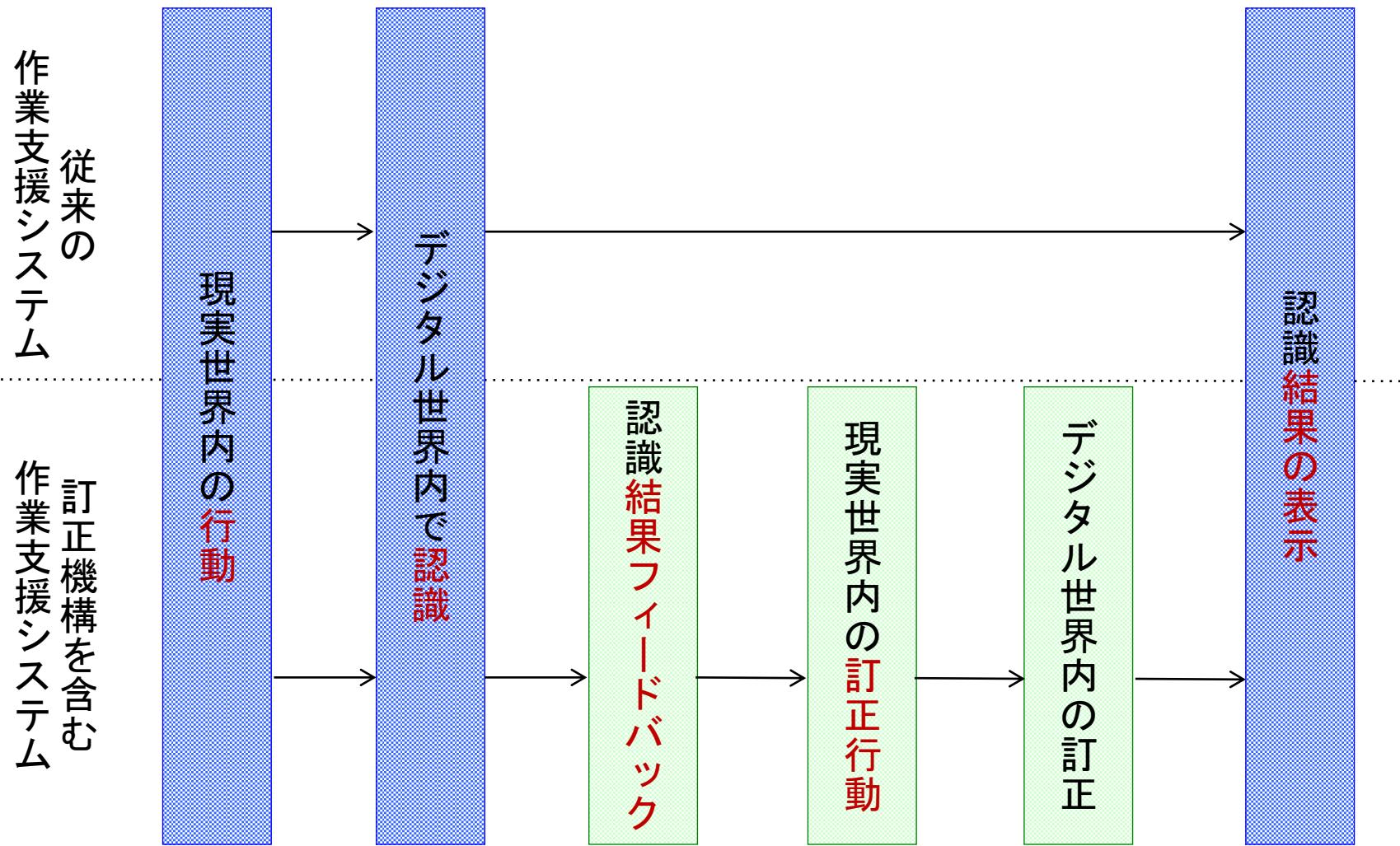
村山, 武居, 松本, 鴻巣ら：“自動車組立ラインのウィンドウ搭載支援ロボット”  
日本ロボット学会誌. vol. 28, no. 5, pp. 624–630, 2010.

- ・現実世界の動作を認識して支援するシステム
  - ▶ 誤認識は必ず発生する
  - ▶ 行った動作の取消や同一動作を再度行うことが許されない場合
    - 現実世界に影響を与えない**訂正機構**が必要

# 作業支援システムモデル

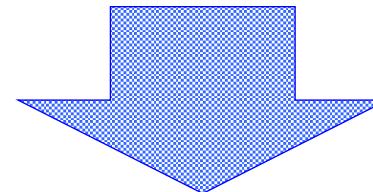


# 訂正機構を含む作業支援システムモデル



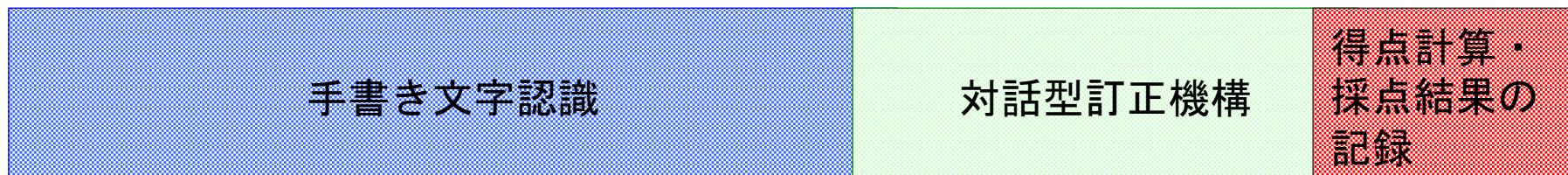
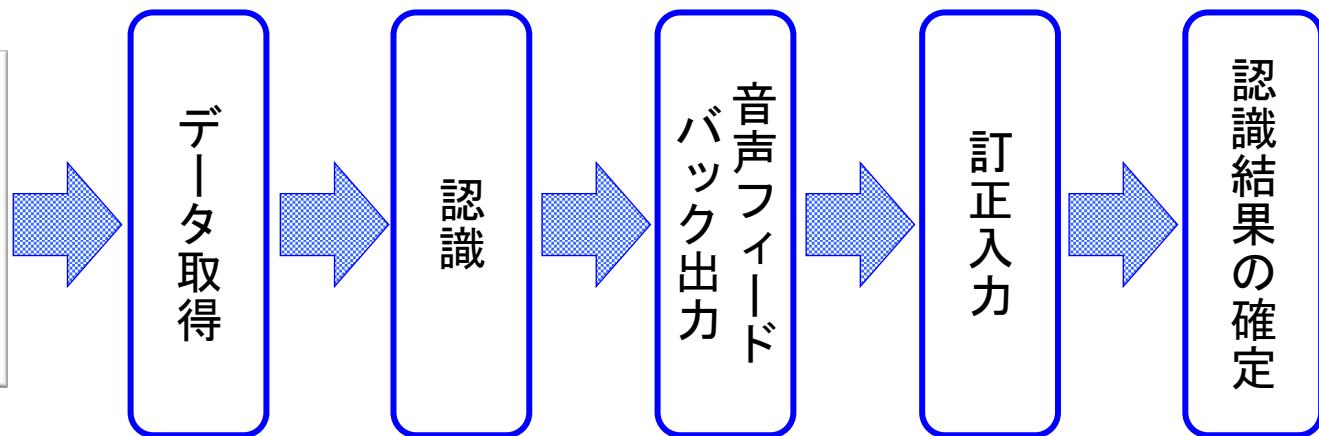
# 研究目的

- 教育現場での**手書き**による**採点作業**に注目し,  
訂正機構を含むシステムで作業を支援する
  - 丸付け・得点計算・採点結果の記録
  - 電子ファイルやマークシートの自動採点は問題形式  
が限定的
- 要件
  - 丸付けを行う**作業の基本は変えず**, 採点者は  
いつも通り採点
  - 現実世界(答案)に影響を与えるずに**誤認識を訂正**



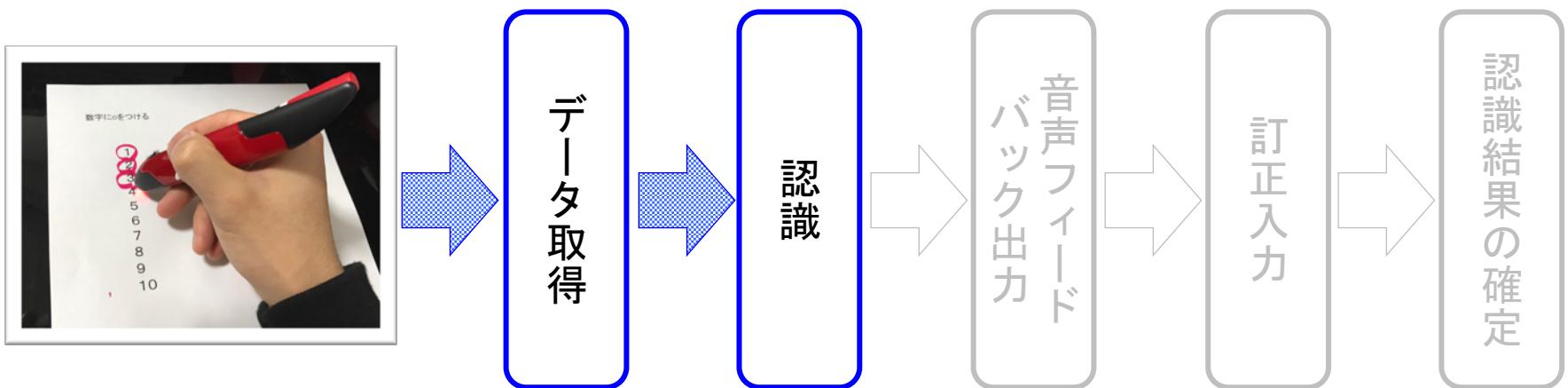
# 提案手法

- ・文字を書くことが可能なペン型マウスを利用
  - ▶ 採点結果を記録するコンピュータと無線で接続
- ・システム概要



# 提案手法

- ・文字を書くことが可能なペン型マウスを利用
  - ▶ 採点結果を記録するコンピュータと無線で接続
- ・システム概要



手書き文字認識

対話型訂正機構

得点計算・  
採点結果の  
記録

# 手書き文字認識

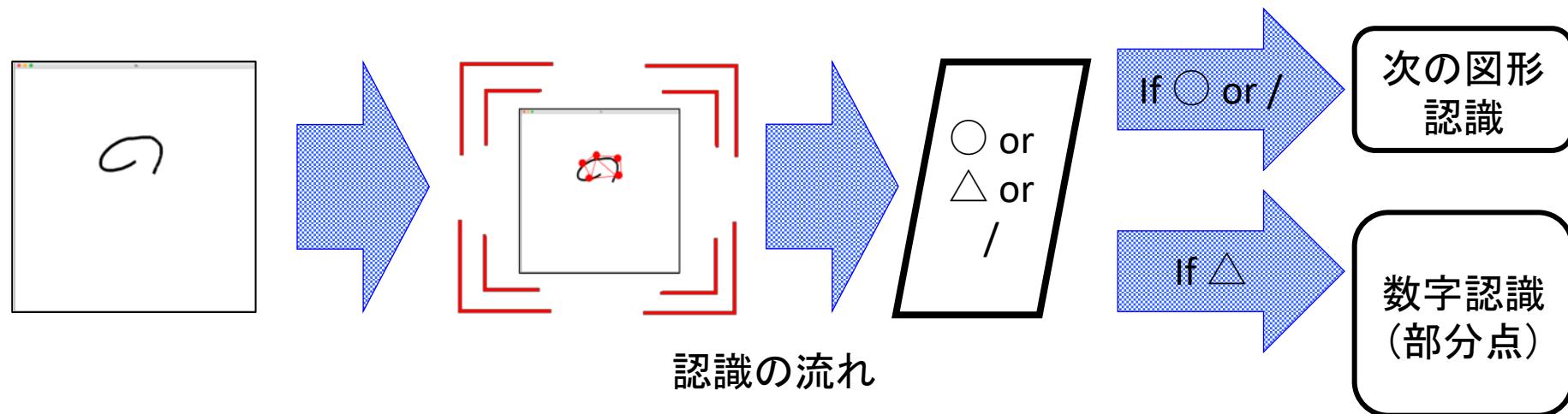
- 認識対象

- ▶ 図形

- 特徴点抽出による分類
    - 「○」 「△」 「/」 の3種類

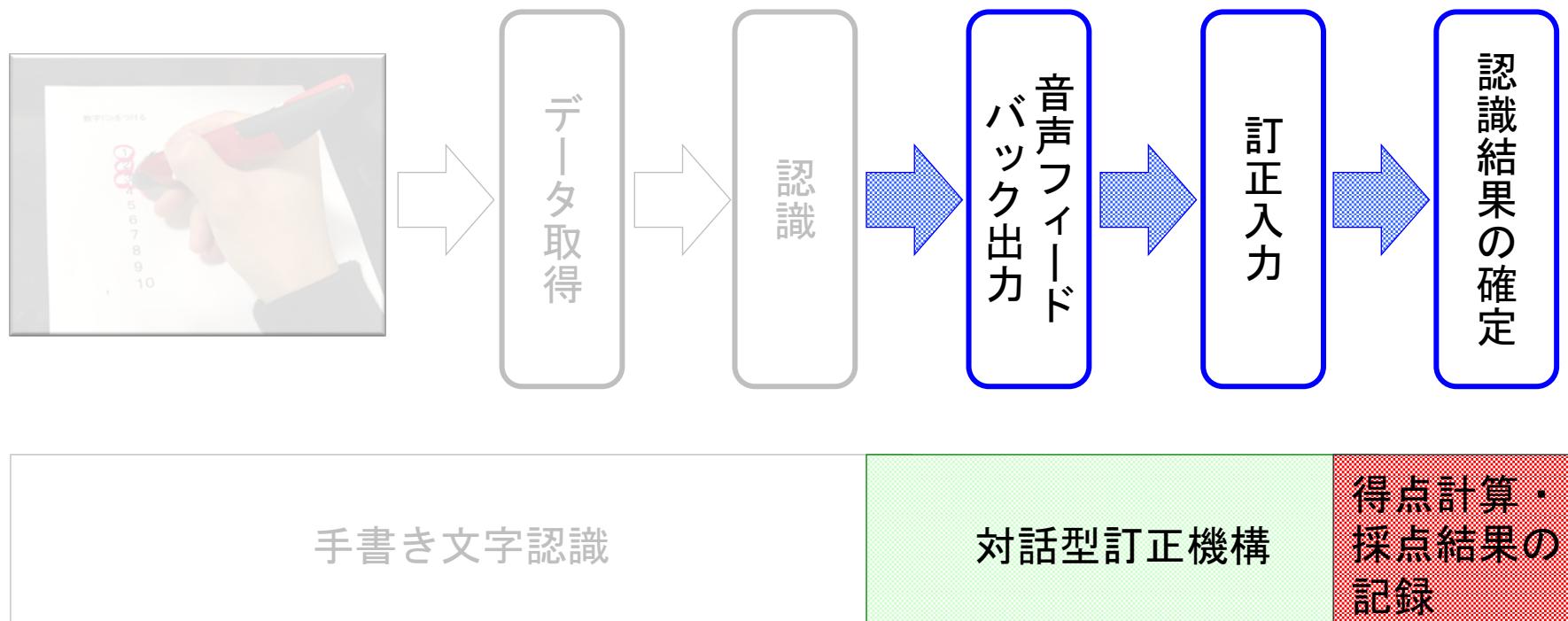
- ▶ 数字

- CNNによる分類
    - 「1」 ~ 「9」 の9種類(「4」と「5」と「7」は一筆書き)



# 提案手法

- ・文字を書くことが可能なペン型マウスを利用
  - ▶ 採点結果を記録するコンピュータと無線で接続
- ・システム概要

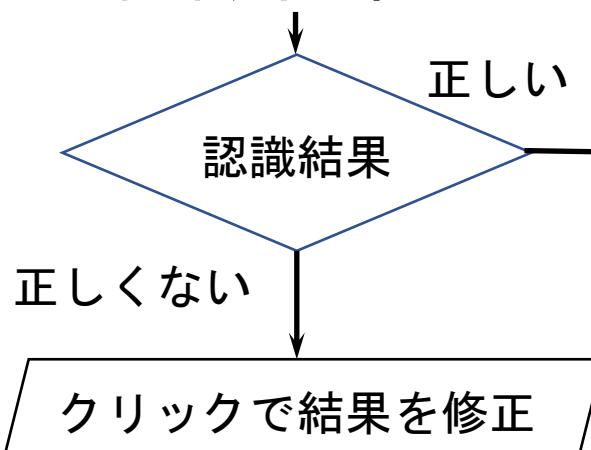


# 対話型訂正機構および 得点計算・採点結果の記録 1/2

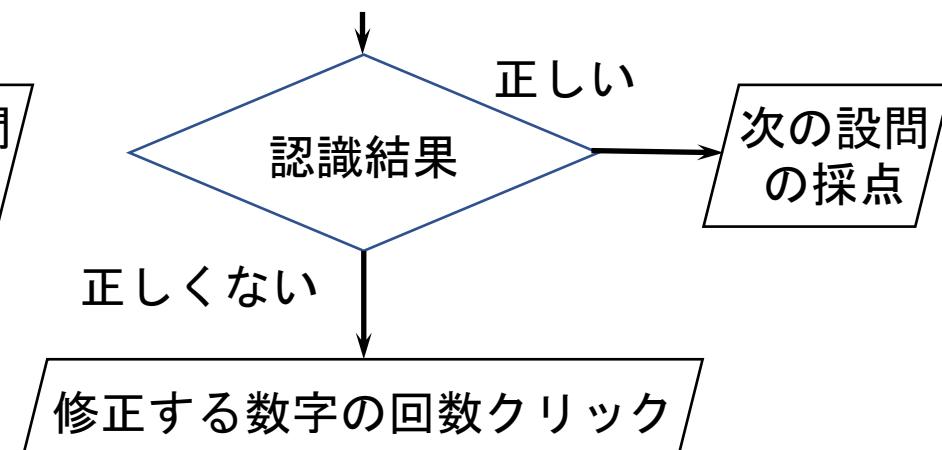
## ・音声フィードバック

- ▶ 「○」と認識 → 「まる」と音声が流れる
- ▶ 「△」と認識 → 「さんかく」と音声が流れる
- ▶ 「／」と認識 → 「け」と音声が流れる
- ▶ 数字 → 「1」～「9」の音声が流れる

## ・認識結果の訂正



図形の認識時



数字の認識時

# 対話型訂正機構および 得点計算・採点結果の記録 2/2

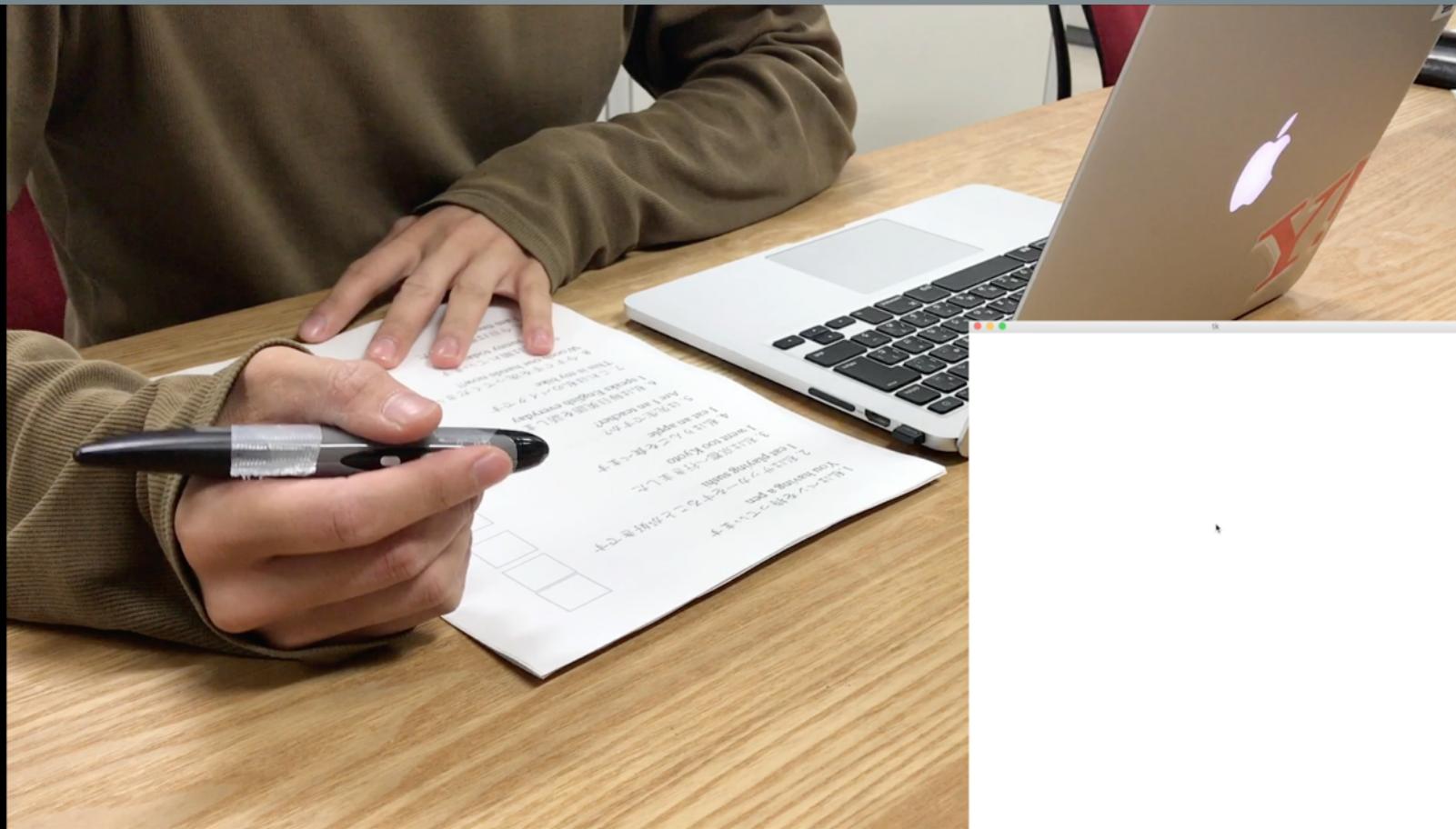
## ・採点結果の記録

- ▶ 起動時にプログラムは「○」「/」の配点・採点対象者をエクセルファイルから読み込む
- ▶ 認識を行う度に、各設問の点数をプログラムに記録
  - 「△」の場合は数字認識の結果をプログラムに記録

## ・得点計算・結果の出力

- ▶ 採点作業が終了したら結果を出力
  - エクセルファイルに書き出し
    - 各設問での得点を出力
    - 総合得点を計算し、出力

# デモ(図形・数字の描画)



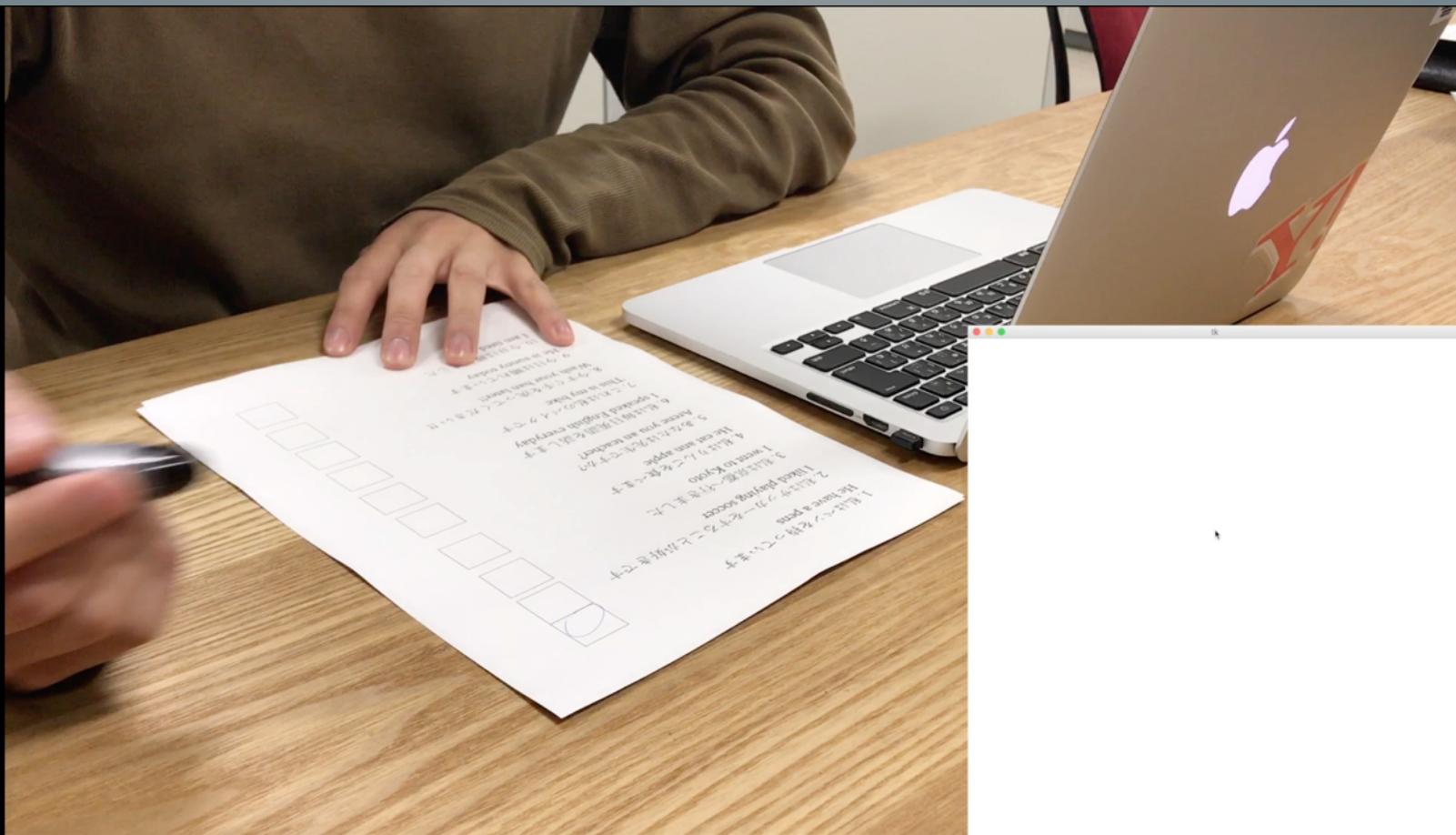
- 「O」描画→「/」描画 → 「△」描画 → 「3」描画

# デモ(図形の修正)



- ・ 「○」描画→「△」と誤認識→「○」に修正

# デモ(数字の修正)



- ・「△」描画→「4」描画→「7」と誤認識→「4」に修正

# 評価

- 評価環境
  - ▶ 被験者
    - 20・30代の被験者5名（被験者1～5）
  - ▶ 実験内容
    - 実験1：「○」「△」「／」を10回ずつ描画
    - 実験2：「1」～「9」を10回ずつ描画
    - 実験3：作成した答案を正解と見比べ採点
      - 「○」「／」のみ
      - システム利用時と、利用していない場合の両方を行う
    - 実験4：作成した答案を正解と見比べ採点
      - 「○」「／」および「△」
      - システム利用時と、利用していない場合の両方を行う

# 評価

- 評価環境
  - ▶ 被験者
    - 20・30代の被験者5名（被験者1～5）
  - ▶ 実験内容
    - 実験1：「○」「△」「／」を10回ずつ描画
    - 実験2：「1」～「9」を10回ずつ描画
    - 実験3：作成した答案を正解と見比べ採点
      - 「○」「/」のみ
      - システム利用時と、利用していない場合の両方を行う
    - 実験4：作成した答案を正解と見比べ採点
      - 「○」「/」および「△」
      - システム利用時と、利用していない場合の両方を行う

# 評価

- 評価環境

- ▶ 被験者

- 20・30代の被験者5名（被験者1～5）

- ▶ 実験内容

- 実験1：「○」「△」「／」を10回ずつ描画

- 実験2：「1」～「9」を10回ずつ描画

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

実験1・2の評価に使用した用紙

# 評価実験1

- 図形認識の精度

各被験者の図形の認識精度

| O<br>△<br>/ | 被験者 1 |   |    | 被験者 2 |   |    | 被験者 3 |    |    | 被験者 4 |   |    | 被験者 5 |   |    |
|-------------|-------|---|----|-------|---|----|-------|----|----|-------|---|----|-------|---|----|
| O           | ○     | △ | /  | ○     | △ | /  | ○     | △  | /  | ○     | △ | /  | ○     | △ | /  |
| O           | 10    |   |    | 8     | 2 |    | 10    |    |    | 8     | 2 |    | 9     | 1 |    |
| △           | 2     | 8 |    | 1     | 9 |    |       | 10 |    | 1     | 9 |    | 3     | 7 |    |
| /           |       |   | 10 |       |   | 10 |       |    | 10 |       |   | 10 |       |   | 10 |

- : 90%
- △: 86%
- /: 100%

- 「○」と「△」で誤認識発生

- 「○」の描画が小さいと、特徴点が23未満となり「△」に
- 「△」の描画が丸いと、特徴点が23以上となり「○」に

# 評価実験2

## ・数字認識の精度

各被験者の数字の認識精度

| 被験者1 |    |    |   |    |   |   |   |   |   | 被験者2 |   |   |   |    |    |   |   |   |   | 被験者3 |    |   |   |   |   |   |   |   |   | 被験者4 |    |    |    |   |   |   |   |   |   | 被験者5 |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|------|----|----|---|----|---|---|---|---|---|------|---|---|---|----|----|---|---|---|---|------|----|---|---|---|---|---|---|---|---|------|----|----|----|---|---|---|---|---|---|------|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| 0    | 1  | 2  | 3 | 4  | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 0    | 1 | 2 | 3 | 4  | 5  | 6 | 7 | 8 | 9 | 0    | 1  | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 0    | 1  | 2  | 3  | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 0    | 1  | 2  | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 1    | 10 |    |   |    |   |   |   |   |   | 10   |   |   |   |    |    |   |   |   |   | 8    |    | 1 |   |   |   |   |   |   |   | 1    | 10 |    |    |   |   |   |   |   |   | 10   |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 2    | 1  | 9  |   |    |   |   |   |   |   |      | 9 | 1 |   |    |    |   |   |   |   |      | 10 |   |   |   |   |   |   |   |   |      |    | 9  | 1  |   |   |   |   |   |   |      | 10 |    |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 3    |    | 10 |   |    |   |   |   |   |   |      | 2 | 7 |   |    |    | 1 |   |   |   |      | 10 |   |   |   |   |   |   |   |   |      |    |    | 10 |   |   |   |   |   |   |      |    | 1  | 8 | 1 |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 4    |    |    | 8 |    |   | 2 |   |   |   |      |   | 8 |   |    | 2  | 2 |   |   |   |      | 4  |   |   | 1 | 3 | 1 |   |   |   |      |    | 8  | 1  |   |   |   |   |   |   |      |    |    | 8 |   |   | 2 |   |   |   |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 5    |    |    | 1 | 7  | 2 |   |   |   |   |      |   | 1 | 9 |    |    |   |   |   |   |      | 2  | 5 | 2 | 1 |   |   |   |   |   |      |    | 10 |    |   |   |   |   |   |   |      |    | 1  | 1 | 8 |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 6    |    |    |   | 10 |   |   |   |   |   |      |   | 1 | 9 |    |    |   |   |   |   |      | 10 |   |   |   |   |   |   |   |   |      |    |    | 10 |   |   |   |   |   |   |      |    | 1  |   | 9 |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 7    | 1  |    |   |    |   | 8 | 1 |   |   |      | 1 |   |   | 8  | 1  |   |   |   |   |      |    |   |   |   |   |   |   |   |   |      | 8  | 2  | 2  |   |   |   |   |   |   |      | 8  |    | 1 | 1 |   | 7 | 1 |   |   |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 8    |    |    |   |    |   | 9 | 1 |   |   |      |   |   |   | 10 |    |   |   |   |   |      |    |   |   |   |   |   |   |   |   |      | 10 |    |    |   |   |   |   |   |   |      |    | 10 |   |   |   |   |   | 9 | 1 |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 9    |    |    | 1 |    | 2 | 7 |   |   |   |      |   |   |   |    | 10 |   |   |   |   |      |    |   |   |   |   |   |   |   |   |      |    | 10 |    |   |   |   |   |   |   |      |    | 1  | 9 |   |   |   |   | 1 | 1 | 8 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

- 1: 96%
- 4: 72%
- 7: 70%
- 2: 94%
- 5: 78%
- 8: 96%
- 3: 90%
- 6: 96%
- 9: 88%

- 「4」と「5」と「7」で誤認識
  - 一筆書きで描画することを強制した数字
  - 一筆書きの描画に慣れるまでもう少し時間が必要な可能性有

# 評価

- 評価環境
  - ▶ 被験者
    - 20・30代の被験者5名（被験者1～5）
  - ▶ 実験内容
    - 実験1：「○」「△」「／」を10回ずつ描画
    - 実験2：「1」～「9」を10回ずつ描画
    - 実験3：作成した答案を正解と見比べ採点
      - 「○」「／」のみ
      - システム利用時と、利用していない場合の両方を行う
    - 実験4：作成した答案を正解と見比べ採点
      - 「○」「△」および「／」
      - システム利用時と、利用していない場合の両方を行う

# 評価

- 評価環境
  - ▶ 被験者
    - 20・30代の被験者5名（被験者1～5）
  - ▶ 実験内容
    - 実験1：「○」「△」「／」を10回ずつ描画
    - 実験2：「1」～「9」を10回ずつ描画
    - 実験3：作成した答案を正解と見比べ採点
      - 「○」「／」のみ
      - システム利用時と、利用していない場合の両方を行う
    - 実験4：作成した答案を正解と見比べ採点
      - 「○」「△」および「／」
      - システム利用時と、利用していない場合の両方を行う

# 実験3と実験4の内容

- 作成した模擬回答を解答と見比べ採点

- 各問い合わせ4単語で構成

- 実験3

- 「○」「/」で採点
  - 4単語完全に一致  
→ 「○」
  - 1語以上相違  
→ 「/」

- 実験4

- 「○」「△」「/」で採点
  - 4単語完全に一致  
→ 「○」
  - 1語相違 → 「△」
  - 2語相違 → 「/」

1. 私はペンを持っています  
I have a pen

2. 私はサッカーをすることが好きです  
I like playing soccer

3. 私は京都へ行きました  
I went to Kyoto

4. 私はりんごを食べます  
I eat an apple

5. あなたは先生ですか?  
Are you a teacher?

6. 私は毎日英語を話します  
I speak English everyday

7. これは私のバイクです  
This is my bike

8. 今すぐ手を洗ってください!!  
Wash your hands now!!

9. 今日は晴れています  
It is sunny today

10. 今日は疲れました  
I am tired today

1. 私はペンを持っています  
I have an pen

2. 私はサッカーをすることが好きです  
I like playing soccer

3. 私は京都へ行きました  
I went at Shiga

4. 私はりんごを食べます  
I eat an apples

5. あなたは先生ですか?  
Are you a teacher?

6. 私は毎日英語を話します  
I speak English everyday

7. これは私のバイクです  
This is my bike

8. 今すぐ手を洗ってください!!  
Wash your hands now!!

9. 今日は晴れています  
It are sunny yesterday

10. 今日は疲れました  
I are tire today

正解

回答

# 評価実験3

- 評価実験の精度（「○」「/」で採点）

「○」と「/」のみによる採点作業の実験結果

|       | 提案システム非使用時 |           |              | 使用時 |
|-------|------------|-----------|--------------|-----|
|       | 採点作業(sec)  | 集計作業(sec) | 採点+集計作業(sec) |     |
| 被験者 1 | 258        | 216       | 474          | 309 |
| 被験者 2 | 243        | 197       | 440          | 277 |
| 被験者 3 | 248        | 148       | 396          | 385 |
| 被験者 4 | 183        | 230       | 413          | 284 |
| 被験者 5 | 204        | 139       | 343          | 301 |

- 被験者5人全員が非使用時の方が採点作業自体は早く完了
- 集計作業も含めた総所要時間では、使用時の方が平均**24.7%**早く完了

# 評価実験4

- 評価実験の精度（「○」「△」「/」で採点）

「○」「△」および「/」による採点作業の実験結果

|       | 提案システム非使用時 |           |              | 使用時 |
|-------|------------|-----------|--------------|-----|
|       | 採点作業(sec)  | 集計作業(sec) | 採点+集計作業(sec) |     |
| 被験者 1 | 593        | 238       | 831          | 694 |
| 被験者 2 | 407        | 353       | 760          | 555 |
| 被験者 3 | 395        | 259       | 654          | 651 |
| 被験者 4 | 467        | 268       | 735          | 608 |
| 被験者 5 | 417        | 212       | 629          | 563 |

- 被験者5人全員が非使用時の方が採点作業自体は早く完了
- 集計作業も含めた総所要時間では、使用時の方が平均**14.9%**早く完了

# 訂正機構を含む 作業支援システムの定性的評価

- 良い点
  - 訂正作業 자체は特に負担に感じなかった
  - 訂正作業も含むシステムの操作方法に慣れればとても円滑に採点作業が進んだ
- 気になった点
  - 訂正作業を行なってから音声フィードバックが返って来るまでの遅延が若干気になった
  - 音声での訂正作業を行えるとより直感的であるかも

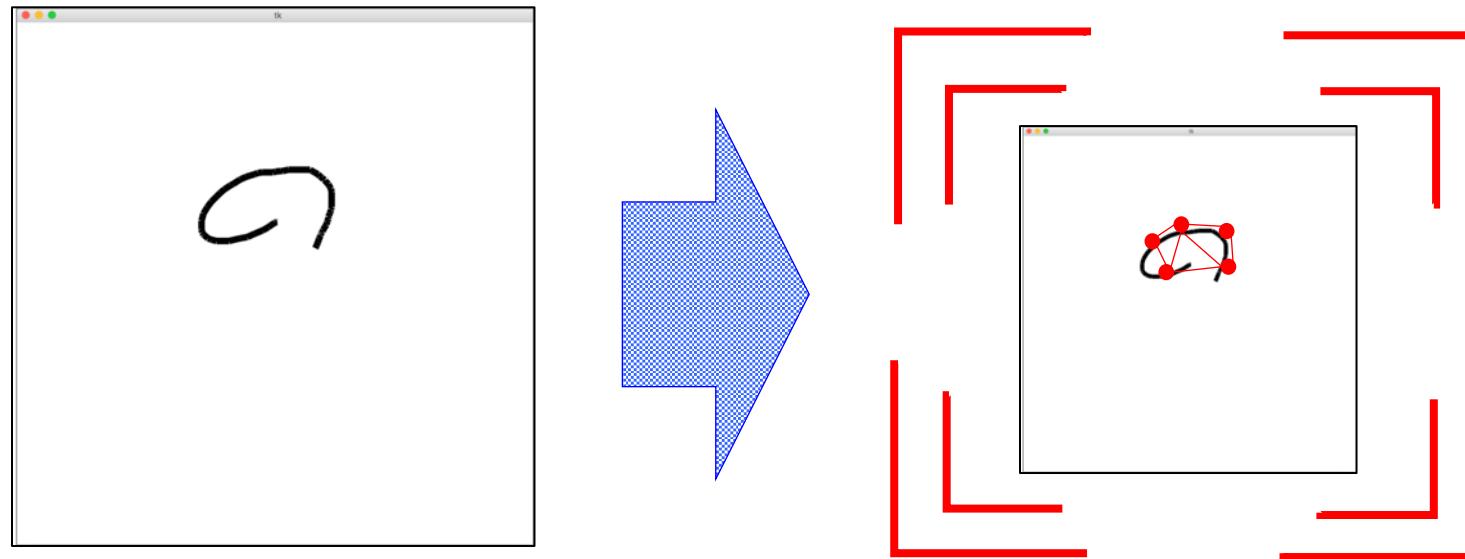
# まとめ

- 背景
  - 人の作業支援システムにおいて対話型訂正機構が求められている
- 研究目的
  - 訂正機構を含む作業支援モデルを手書きでの採点作業に適用しその有効性を検証
- 提案手法
  - 音声フィードバックによる対話型訂正機構を用いて図形および数字を認識し、得点計算と結果の記録を自動化
- 評価
  - 「○」と「/」のみによる採点
    - 総所要時間を平均 24.7% 短縮
  - 「○」と「△」と「/」による採点
    - 総所要時間を平均 14.9% 短縮
  - 対話型訂正機構を含む作業支援システムモデルの有用性を証明



# 手書き文字認識 1/4

- ・ペン型マウスの軌跡を画像として取得
  - ウィンドウ上で描画
    - カーソルはウィンドウから出ない仕様
  - ユーザはいつも通り丸付け
  - カーソルがある程度動かなくなったら、認識工程へ



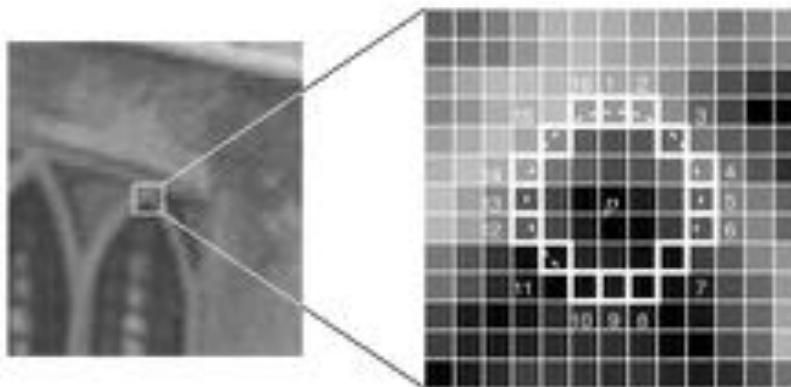
データ取得から認識工程までの流れ

# 手書き文字認識 3/4

- ・ 図形認識

- ・ FASTアルゴリズムによる特徴点抽出

- 画像解析におけるコーナ検出アルゴリズムの1つ
    - 特徴点の総数 : 3以上8未満 → 「/」  
8以上23未満 → 「△」  
23以上 → 「○」  
3未満 → マウスの誤認識



**p** がコーナである条件 :

**p** を中心とする円上の16ピクセルにおいて、

- ・  $I_p + t$  よりも明るい  $n$  個のピクセルが連続
- ・  $I_p - t$  よりも暗い  $n$  個のピクセルが連続

( $I_p$  : 任意のピクセル **p** の画素値)

事前実験により  $t = 10$ ,  $n = 12$  と設定

## FASTアルゴリズムのイメージ

E. Rosten and T. Drummond, "Machine Learning for High-Speed Corner Detection," in Proc. of the 9th European Conference on Computer Vision (ECCV'06), Vol. 1, pp. 430{443 (2006).

# 手書き文字認識 4/4

- 数字認識

- CNNによる画像認識
- 手書き数字のデータセット**MNIST**で20000回  
事前学習
  - 28x28ピクセルのため、切り出し処理が必要
    - 数字の中心点を求めて、28x28に整形

