

道路標識認識、産学協同、ペーパーレス演習

花野井歳弘
Toshihiro HANANOI

九州産業大学 情報科学部 情報科学科
Faculty of Information Science, Kyusyu Sangyo University
hananoi@is.kyusan-u.ac.jp, <http://www.is.kyusan-u.ac.jp/~hananoi/>

1. はじめに

花野井研究室では、道路標識認識の研究、本学の建学の理想“産学一如”を実践している産学協同実践的演習、および情報科学部の特徴を生かしたオンラインペーパーレス演習システムについて研究・実施している。これらについては、卒業論文及び大学院修士論文のテーマとして多くのゼミ生諸君も研究に取り組み研究成果をあげている。

以下では、これらの概要について述べ、研究室の紹介とする。

2. 道路標識認識の研究

本学へ赴任する前、企業の第一線で30年あまり光学文字読取装置 (Optical Character Reader) の研究開発、企画販売などに従事していた。装置の開発には広い知識と技術が必要であるため、ハードウェア、ソフトウェアそしてマーケティング等、必要なスキルの修得に努め実践してきた。しかしながら、製品実用化に重点をおいた業務であったため、研究面では深く掘り下げることができなかった。

本学へ赴任する機会を得て、長年の希望であった認識の研究に取り組んだ。テーマとしては、画像認識とし、具体的には文字認識の技術を生かせる道路標識認識の研究をテーマとした。

2.1 道路標識認識の研究目的

IT (情報技術) において、ハードウェアの機能・性能の向上は著しい。これにより現在は思いつくことはかなり容易に実現できる時代となったといえる。この環境を生かして各種ロボットの研究開発が広く行われているが、知的に動くためには認識機能が欠かせない。特に視覚認識は重要な機能であるが、実現困難な技術である。例えば、盲導犬に代わる盲導ロボット³⁾、あるいは自動車の安全運転に不可欠な車載端末への応用に不可欠であることなどから、画

像処理の経験を生かして取り組むことのできる道路標識認識を選んだ。

2.2 研究状況と課題

以下に、道路標識認識の研究状況と成果・課題を示す。

(1) 概要

赤色の規制標識のフローチャートを、図 2.1 に示す。このフローチャートに従い認識システムを構築し、各処理の課題解決のための研究を行っている。この研究を通じて、道路標識認識の特質および課題が明確になった。すなわち、どの認識処理についても言えることであるが、前段 (①から③) で認識精度が決定してしまう。通常の認識では、多くの制限⁴⁾を加えて前段の困難さを回避するのであるが、道

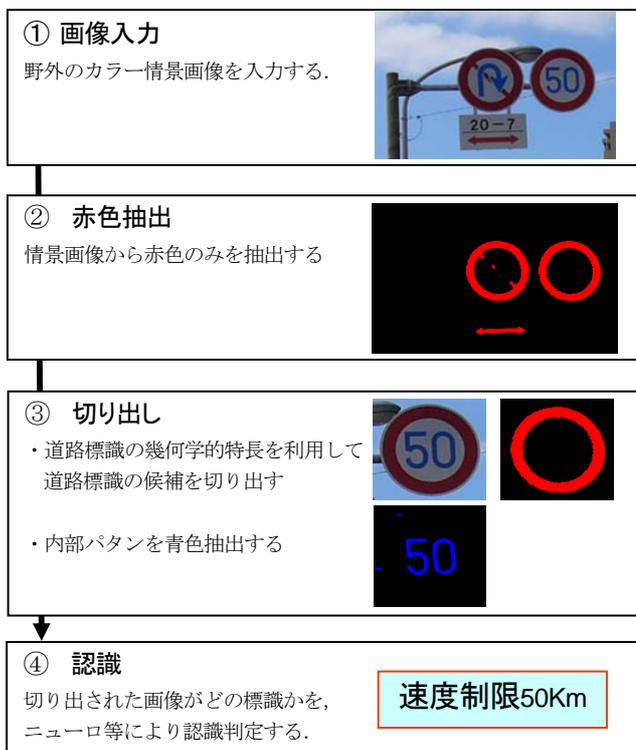


図 2.1 道路標識認識フローチャート

路標識においては、人を対象にした道路標識規格・環境に従わざるを得ないため、通常の認識処理で用いる処理に都合の良い制限が使えない困難さがある。

(2) 各処理の研究状況と課題

① 画像入力⁶⁾

- ・ 目的＝認識しやすい良好な画像の。
- ・ 課題＝天候条件、時刻などにより大きく変化する照明条件（太陽の位置など）に影響されない撮影方法。

② 赤色抽出

- ・ 目的＝道路標識の赤色を漏らさず抽出する。
- ・ 課題＝道路標識以外の赤色の看板等のノイズに影響されない赤色抽出。
- ・ 研究成果＝適応型色抽出方式の開発。

③ 切り出し

- ・ 目的＝良好な認識精度を得るために最適に正規化された道路標識候補画像を作成する。
- ・ 課題＝欠け、傾きなどにも影響されない切り出し・正規化。
- ・ 研究成果＝点対称、線対称を利用した正規化方式の開発。

④ 認識

- ・ 目的＝誤認識，認識不能が少ないこと。
- ・ 課題＝回転を考慮した画像の認識。
- ・ 研究成果：

ニューラルネットワークによる認識
放射ヒストグラム認識方式の開発

なお、文字認識で有効性が確認された多重仮説認識⁴⁾が必要であることも明確になった。

2.3 主な研究成果

以下では、規制標識認識に関する主な研究成果を述べる。

(1) 適応型色抽出方式の開発

規制標識は、赤色、白色、青色の三色の組み合わせにより構成されている。そのため、標識を構成している色情報を利用すれば画像から道路標識候補部分の抽出が可能になる。しかしながら、野外の情景画像の画質の変化幅は非常に激しい。すなわち、天候条件、時刻などによる照明条件（太陽の位置など）により輝度、彩度が大きく異なる。変化の大きい全ての画像を固定した同一の条件で色抽出を行う場合には、抽出条件は絞れず、道路標識以外の画像が抽出され認識精度の低下が避けられない。このため、単純な色抽出方法では交通標識を構成する三色の抽出は困難である。

このような画質の変化の大きい情景画像から道路標識の三色を安定して抽出するために新たに適応型色抽出方式を開発した。

適応型色抽出方式により、輝度、彩度が大きく変

化する情景画像から道路標識候補となる図形の色による抽出が可能となった。

本方式では、画像ごとに色の輝度、彩度などを分析、この結果を用いその画像に適した狭い抽出条件により道路標識の色抽出を行い、認識精度の向上を図った。

以下に、適応型色抽出方式につき述べる。

① 一律な色抽出処理方式の問題点

規制標識は赤色で外形が作られている。このため、道路標識の認識には情景画像から赤色を抽出することが一般的である。これには、通常画像の画素ごとの RGB 値で判定を行う。しかしながら、撮影時の変化は大きく、これらの対応するため広い範囲の赤色の抽出可能な判定値を用いることになる。

このような判定値を用いた場合、図 2.2 に示すように道路標識と赤看板が重なっている場合には道路標識と赤看板が同時に抽出されるため認識が困難となる。すなわち、看板と重なっている場合道路標識を分離できない問題が生じる。

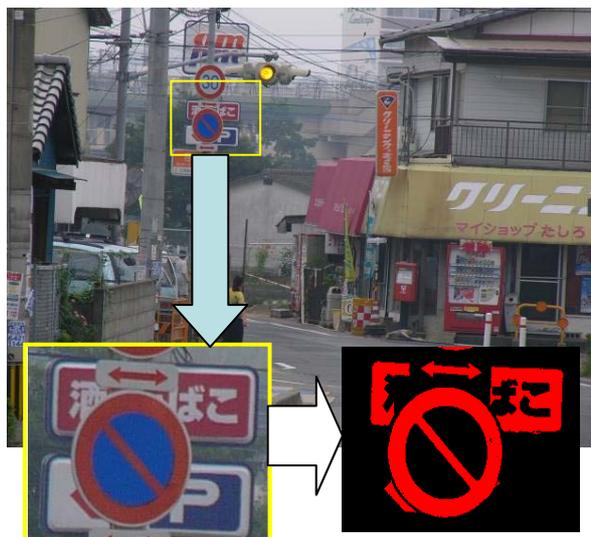


図 2.2 すべての赤色を抽出する赤色抽出処理の問題

② 適応型色抽出方式の概要

この方式は、情景画像中の赤看板などの色調は道路標識の赤色の色調とは一致しないことを利用し、一律な赤色の判定値ではなく個々の情景画像中の道路標識の赤色抽出に最適な赤色判定値を観測し、これを用いて看板などの干渉を避けた道路標識の画像を切り出し、道路標識の認識率の向上を図る。

③ 適応型色抽出方式の効果

図 2.2 に示した情景画像により適応型色抽出方式の効果を示す。

情景画像から、後述する赤グループごとに赤色抽出を行う。すなわち、図 2.3 において

- ・ 第 1 グループでは、道路標識より明るく観測された看板を抽出する。ここでは、道路標識の赤はほとんど検出されない。
- ・ 第 2 グループでは、道路標識のみが抽出される。
- ・ 第 3 グループでは、道路標識より暗い赤看板が抽

*1 活字認識においては FONT の規定など

出されたため、道路標識部には画像は現れなかった。

- 第4グループではさらに暗い赤看板が抽出され、その前方の道路標識の赤は抽出されない。
このように、適応型色抽出方式の利用により、第2グループで周囲の赤看板に影響されない道路標識の赤色抽出が得られた。

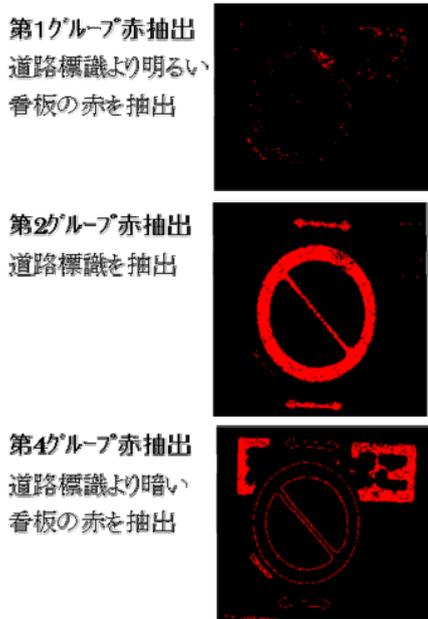


図 2.3 適応型色抽出の効果

④ 適応型色抽出方式の処理

適応型色抽出方式のアルゴリズムを、以下に述べる。

● 赤色の抽出

step1: 情景画像に含まれる赤色の詳細を分析、調査するために赤分布図を作成する。

図 2.2 の情景画像の赤分布図を図 2.4 に示す。
横軸: 情景画像の各画素から観測される RGB 値の合計 = $R+G+B$

R, G, B はそれぞれ 0 から 255 の値

縦軸: 赤色割合

$R > G$ 及び B のとき $R / (R+G+B)$

- 各画素の RGB 値のヒストグラムから赤分布図を作成する。

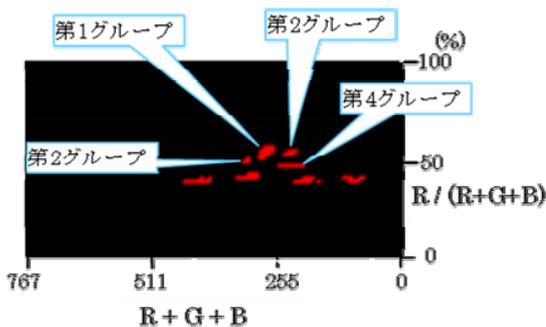


図 2.4 内部ベース色測定範囲

step2: 赤分布図より赤の塊 (赤グループ) を切り出す。

赤分布図より赤の色調の塊を切出すことにより、赤グループを作成する。各赤グループ毎に、 $R+G+B$ および $R / (R+G+B)$ の範囲数値が求められる。

step3: 切出された赤グループにつき、情景画像から赤色抽画像を作成する。

検出された赤グループの $R+G+B$ および $R / (R+G+B)$ の範囲数値内の赤色を情景画像から色抽出し、その塊を切り出し道路標識候補とする。

● 内部パタンの作成

切り出された道路標識候補パターンにつき、認識処理のために大分類用の赤パターン及び小分類用の内部パターンを作成する。

内部パターンは道路標識内部のベース色により 3 種類が存在し、それぞれ内部構造認識に適したパターン色は異なるため表 2.1 に示すように定めた。

表 2.1 内部構造抽出色

道路標識例	内部ベース色	内部パタンの抽出色	抽出例
一時停止, 進入禁止	赤	白	図 2.6(a)
速度規制, 転回禁止	白	青	図 2.6(b)
駐車禁止	青	青	図 2.6(c)

内部ベース色の決定は、図 2.5 に示すように、切り出された道路標識候補パタンの中心部 1/4 の赤、白、青の出現頻度を求め、最大の頻度を持つ色とする。

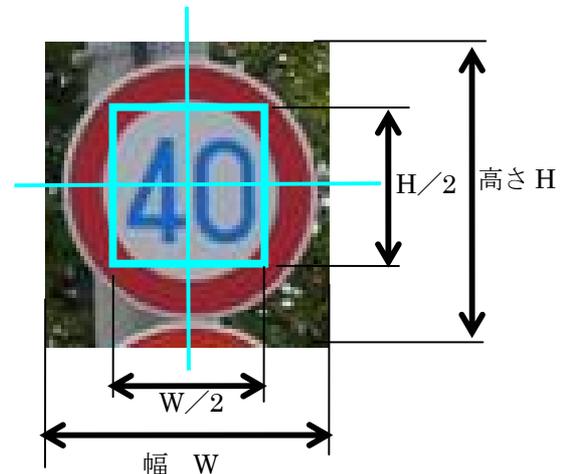


図 2.5 内部ベース色測定範囲

図 2.6 にこれら 3 種の内部パタンの抽出例を示す。各道路標識に対し、適切な外形パターン、内部パターンが抽出されている。

(2) 道路標識の位置正規化の研究

次項で述べるが、最適な正規化画像を求めることが良好な認識精度を得るためには不可欠である。一般に前処理と呼ばれるこの分野は理論的でないため研究報告例は少なく、かつ、認識機械の性能

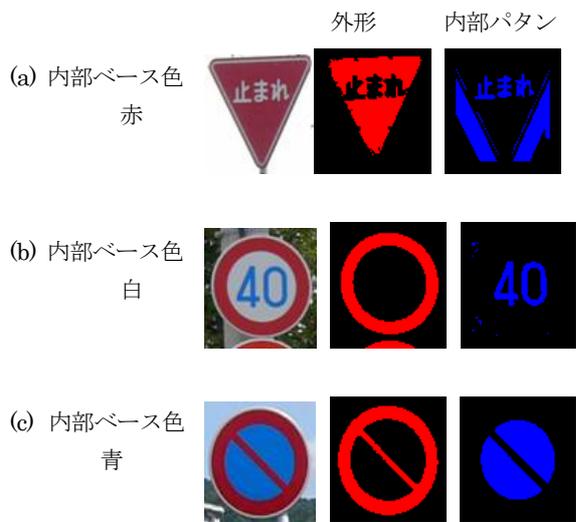


図 2.6 内部構造認識用 内部パターン抽出例

を左右する重要な技術であるためノウハウとして公開されないことが多い

以下では、道路標識が点対称あるいは線対称図形であることを利用し、最適な正規化図形を得る研究の概要を述べる。

① 点対称図形の位置正規化

点対称図形の正規化には印鑑照合で広く使用されている手法^[4]が有効である。これは欠けている不完全な図形でも点対称であることを利用して、中心点を求め、位置の正規化を行う。

中心点検出には、縦横のズレを検出するためのヒストグラムを作成する。

図 2.7 に示すように左が障害物に隠れている道路

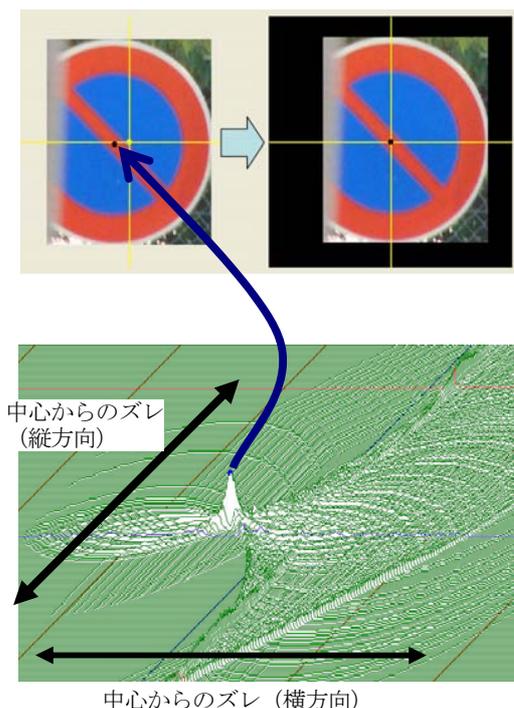


図 2.7 不完全な点対称図形の正規化

標識でも正しい中心点が求められ、これを利用して

最適な位置正規化が可能となる。

② 線対称図形の位置正規化

道路標識には一時停止標識のように、点対象でない図形がある。このような図形には線対称であることを利用して図形の中心点および回転角度を検出し、これを利用して位置正規化を行う手法を研究中である。

これは、点対称検出ヒストグラムの縦軸を傾き角度に変更することにより求めた。

図 2.8 に示すように左に傾いた一時停止標識の対称線および中心点がヒストグラムから求められる。対称線の傾きから得られる角度と中心点を利用して、最適な位置正規化が可能となる。

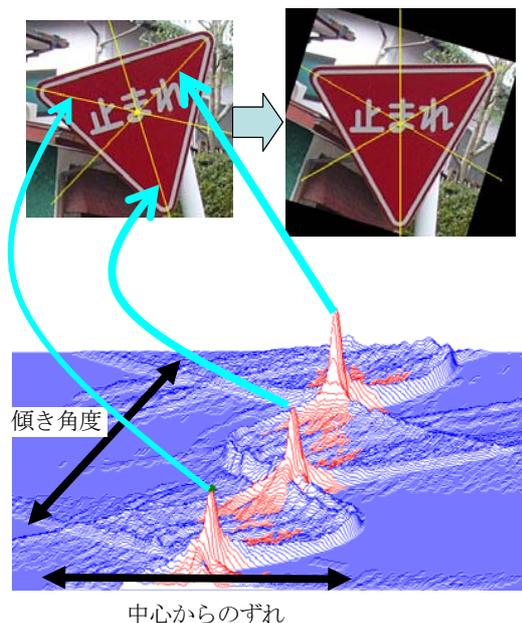


図 2.8 線対称図形の位置、角度正規化

(3) 認識

野外情景画像から切り出された道路標識候補画像に対し認識処理によりどの標識か、あるいはノイズかの判定を行う。認識処理には、ニューラルネットワーク、およびそこで明らかになった問題点に強い放射ヒストグラムの2つの方式につき研究した。

① ニューラルネットワーク^[4]

車載応用を考慮すると高速認識が必要になる。ハードウェア化による高速性、および学習の容易さ等からニューラルネットワークによる認識処理を評価研究した。

使用したニューラルネットワークはソフトウェアで実現し、評価した。(図 2.9 参照)

- ・ 3層
- ・ 入力層ユニット数：256 (16×16 画像)
- ・ 中間層ユニット数：32
- ・ 出力層ユニット数：6

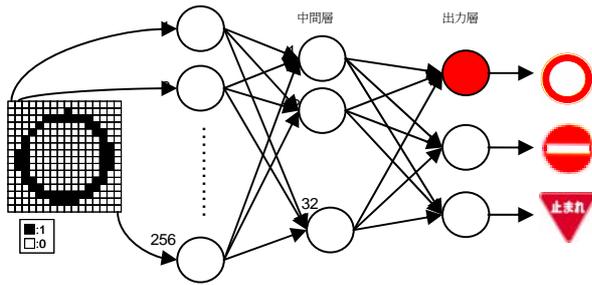


図 2.9 ニューラルネットワークによる認識処理

結果：正しく正規化された切り出し画像に対しては良好な結果が得られるが、正規化の問題が明らかになった。すなわち、傾き、欠けにより正規化が最適になされていない場合には判定が困難であり、判定の許容度を上げると誤認識が増えることになった。

② 放射ヒストグラムによる認識の開発^{[7][8][9]}

傾きの影響を除くため、点対称図形では中心点を正確に求められる手法を用いて、この点を中心とする放射ヒストグラムを照合する。(図 2.10 参照)

この方式の特徴は、欠けなど不完全な図形であっても中心点が求められること、放射ヒストグラムによる照合により傾きの影響も避けられることがある。但し、一時停止標識のような点対称でない図形には適用できない欠点がある。この欠点を補うため、前項に述べた、線対称図形の中心点および傾き検出の開発のトリガーとなった。

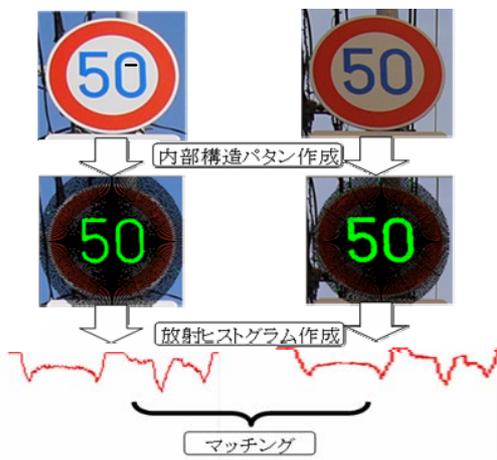


図 2.10 放射ヒストグラム認識

3. 産学協同実践的演習

「プロジェクトベース設計演習」

本演習については、本誌に『ISECON2008 “産学協同実践賞”を受賞』として詳述している。

この演習には当ゼミに所属した諸君が多く受講、また、SA/TA としても後輩の指導に当たった。また、指導に当たる SA の役割、心構えを分析提案するため卒業研究のテーマ⁸として実施、その研究成果は SA/TA の指導マニュアルとして本演習に適用され

ている。

4. オンラインペーパーレス演習システム

本演習システムは稲永准教授と協同開発した演習システムである。

4.1 システムの目的

本システムは、受講生の授業内容の理解を促進する目的のために開発され、実施している。

下記に特徴を述べる。

◆ 学生には

- 授業の理解できてない箇所の把握が容易
各自が提出したレポートの採点結果をすべて見ることができるため、自身の理解できていない箇所がわかる。

注) 紙ベースのレポートでは、保存のため返却がしにくい。このため学生は出しっぱなしでどこがでなかったか把握しにくい。

- 授業の理解できてない箇所の理解の促進
誤った解答に対しては正解になるまで何回でも再解答が可能のため、理解が促進される。

注) 紙ベースのレポートでは、複数回の再提出は、管理面で困難

- 時間に縛られず各学生のペースで解答可能
- 各自の現状の成績が把握できる
レポート点の評価基準をシラバスに明記しているため、各学生は学期中にも随時該当科目の成績結果の見通しが得られる。

◆ 教員には

- 各種集計機能により学生の理解不足部が把握でき次回の講義に補足できる。
- 紙ベースより採点のハンドリング、保管・管理が容易

- ◆ 情報科学部の Web インフラを活用したレポートシステム

4.2 システムの概要

システムは図 4.1 に示すように、受講生の貸与 PC からのレポートを本学部の学生用サーバ WWW-ST で受け、教員が採点 PC で採点后、採点結果を学生用サーバに戻す。この採点結果は、各学生が見ること、及び修正再解答が可能である。

4.3 システムの運用

金曜日の講義の毎週の運用例を図 4.2 に示す。

- 初回レポート期限は、講義日とする。これは、授業への出席を促し、引続きその日中に講義に関係したレポートを提出させる。これにより理解を深める効果がある。採点結果表示・レポート再提出は、次週の講義日前から可能とする。これは、採点結果を見て、誤った課題の再解答のため、復習のしやすさを提供するためである。

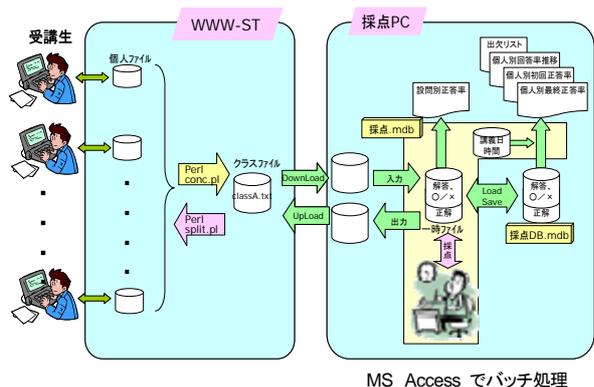


図 4.1 システムの概要

- 最終レポート期限は、期末定期試験直前としている。これは、定期試験前の試験勉強も兼ねて、自身の理解できていない箇所を集中的に学習可能とするためである。

	月	火	水	木	金	土	日
講義日					■		
初回レポート					→		
採点	→	→	→			→	→
採点結果表示 レポート再提出				→			

図 4.2 運用例

4.4 システムの主な機能

MS ACCESS で実現している採点 PC の主な機能を以下に示す。

- 採点機能
 - 出題する課題に応じ最適な採点が可能
完全一致（選択、計算問題）、キーワード一致（自由記述問題）、ゼロサブレス（2進数解答問題）
- アセンブラプログラム採点機能
 - “計算機システム”科目で使用する K32 アセンブラ/ミュルタで作成したアセンブラプログラムの採点
実行結果採点、ソースコード採点、不正判定（ソースコードを作成せず、実行結果のみをコピーした回答は不正行為と判定）
- 分析・集計機能
 - 授業理解状況、成績判定のための機能
問毎の正解率表示、初回成績集計、最終回成績集計、解答推移表示、在席チェック（K'sLife 稼動後に追加、代返を識別）

4.5 実施状況

2008 年度の実施状況を表 4.1 に示す。いずれも必修科目で受講学生数は多い。また、問題数は多くして理解を促進する方針とした。

表 4.1 2008 年度実施状況

学年	科目	受講学生数	問題数
1	計算機アーキテクチャ (必修)	125	293
2	計算機システム (必修)	131	424
2	工学的センスの基礎 (必修)	148	105
3	エンジニアリングエコノミー(総合コース必修)	104	311

4.6 課題

本システムにはまだ課題があり、卒業研究のテーマ[10][11]として、解決すべく研究を続けている。

5. おわりに

本稿では、研究内容のみならず、担当している授業に関係する内容、演習方法を述べた。

それぞれのテーマに対し、いまだ完成には多くの課題が残されているが、今後の参考になれば幸いである。

最後に、花野井ゼミの諸君には、卒業論文及び大学院修士論文での研究テーマとして取り組んでいただき多くのに貢献をしてもらった。ここに諸君の努力に心から感謝する。

◇ 参考文献 ◇

- [1] 武田晴夫,田畑邦晃,花野井歳弘:不完全な点対称画像のパターンマッチング—印影照合への応用—,信学論(D), Vol.J69-D, No.4, pp.542-548 (1986).
- [2] 遠藤裕英,藤澤浩道,小松昭男,国崎修,花野井歳弘:OA における認識技術,日立評論,Vol.68,2, pp.71-76(1986.2)
- [3] 山田多恵:盲導ロボットの検討と風景写真の収集,九州産業大学情報科学部社会情報システム学科卒業論文(2006.1)
- [4] 深田純一:ニューラルネットワークを用いた情景画像からの道路標識認識とその応用に関する研究,九州産業大学大学院情報科学研究科情報科学専攻修士論文(2007.1)
- [5] 豊田真吾:プロジェクトベース設計演習～プロジェクトベース設計演習のカリキュラムの検討と TA,SA の役割の立案～,九州産業大学情報科学部知能情報科学卒業論文(2007.1)
- [6] 久富哲太郎,野見山昭広:道路標識認識のための動画収集,九州産業大学情報科学部社会情報システム学科卒業論文(2008.1)
- [7] 天本考洋:道路交通標識認識の研究—標識画像中心点検出方式の開発—,九州産業大学情報科学部知能情報科学卒業論文(2008.1)
- [8] 三嶋俊裕:道路交通標識認識の研究—回転色抽出・比較システムの開発—,九州産業大学情報科学部社会情報システム学科卒業論文(2008.1)
- [9] 松隈彰紘:道路交通標識認識の研究—照合実験・道路標識判定方式の開発—,九州産業大学情報科学部知能情報科学卒業論文(2008.1)
- [10] 狩塚俊博,大島直哉: Web レポートのコピー&ペースト判定方式の研究,九州産業大学情報科学部知能情報科学卒業論文(2008.1)
- [11] 高原雅和:ダイナミックプログラミングを用いたコピー&ペースト判定方式の研究,九州産業大学情報科学部知能情報科学卒業論文(2008.1)