

## GPSを利用した農作業記録の自動化に関する研究(2)

誌名	農業情報研究
ISSN	09169482
著者名	神谷,貴広 町田,武美
発行元	農業情報利用研究会
巻/号	11巻3号
掲載ページ	p. 263-271
発行年月	2002年12月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター  
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council  
Secretariat



## 原著論文

# GPS を利用した農作業記録の自動化に関する研究 (第2報) —ファジィ推論による作業同定—

神谷貴広・町田武美

茨城大学農学部 〒300-0332 茨城県稲敷郡阿見町中央3-21-1

## 要旨

フィールド作業時の意思決定支援や適性作業の確認、そしてトレーサビリティのためには、正確な農作業の記録、および記帳負担の軽減が必要である。そこで、GPS で得られる位置情報を基本データとすることで、正確な農作業の内容を自動的に導き出すシステムが有効である。本研究はGPS データから作業内容を推論し、自動記録するためのシステムを検討した。自動記録は、GPS で求めた作業位置および時間から、データベース(圃場情報、作業情報、機械情報、肥料・農薬情報、作物情報)を参照し、ルールベース型推論およびファジィ推論を経て作業内容を推論する。また、作業軌跡から、圃場面積、作業能率、圃場作業効率等のデータ収集も可能である。更にフィールド外データも記録可能なため、圃場外の作業について記録分析が可能である。本研究では、複数の作業候補から実施作業を同定するために、GPS から得られる位置、作業軌跡、および速度をデータにして、ファジィ推論するアルゴリズムを開発し作業同定の有効性を確認した。

## キーワード

GPS、トレーサビリティ、生産履歴情報、農作業日誌、ファジィ推論

## はじめに

近年農産物の品質や安全性に対する消費者ニーズが高まっており、個々の農産物に対する詳細な生産履歴情報が求められている。そこで、生産者から生産情報等を提供して、消費者と生産者の「顔の見える関係」を確立し、消費者の信頼確保を図る必要がある。その為、生産現場における正確な農作業記録が、生産情報を提供する上で、重要な役割を担っている。

GPS を利用した農作業記録の自動化に関する研究(町田ら1995)は、GPS の位置情報から圃場を特定し、農作業データベースの作業情報等のデータから農作業を同定し自動記入する方式、およびGPS の精度向上にDGPS (Differential GPS : 二箇所同時にGPS データを取得し誤差を補正するGPS) を検討した。本研究では、フィールド作業時の正確な作業内容の記録や、意思決定を支援するため、GPS など得られる位置情報から作業内容

を推論し、自動的に導き出した農作業記録を農作業日誌に自動記録するシステムを検討した。自動記録は、GPS で求めた作業位置および時間から、データベース(圃場情報、作業情報、機械情報、肥料・農薬情報、作物情報)を参照し、ルールベース型推論およびファジィ推論を経て作業内容を推論するものである。複数の作業候補から、実施作業を同定するために、GPS から得られる位置、作業軌跡、および速度のデータから、ファジィ推論を導くアルゴリズムを検討した。

## 作業日誌推論システムの構成

### システムの概要

本システムはMicrosoft Visual Basic Ver6.0 を用いて開発した。データベースにはMicrosoft Access2000 を使用した。GPS 受信機は、農作業時のさまたげにならず、小型で高性能なGarmin社

のGPS III PLUSを用いた。GPSデータの取り込みには、GarComm GPS 通信 ActiveX コントロールモジュール (GarComm.ocx) を利用した (Garmapホームページ)。

図1に農作業日誌自動記録システムの概要を示す。

本システムは、圃場同定システム、農作業日誌データベース、推論システムで構成されている。自動記録は、GPSで求めた作業位置および時間から、データベース(圃場情報、作業情報、機械情報、肥料・農薬情報、作物情報)を参照し、ルールベース型推論およびファジィ推論を経て作業内容を推論する。圃場同定システムは、圃場名を登録してから圃場緯度経度の登録を行なう必要があり、さらに作業者も登録できる。GPS受信機に記録されたデータの緯度・経度が、圃場緯度経度TBLの緯度・経度データと一致する圃場を取得する。農作業日誌データベースは、圃場TBL、作業TBL、機械TBL、肥料・農薬TBL、作物TBL、農作業日誌TBLで構成されており、各種データの入力・修正・削除および検索が、可能である。推論システムは、ルールベース型推論とファジィ推論

で構成されている。ルールベース型推論過程で作業項目を絞り込み、ファジィ推論過程では、作業時期、作業速度、作業能率、圃場作業効率の各データを、メンバーシップ関数によって定義し、各ルールの適合度を求める。この各ルールの適合度を総合した結果から推論をし、作業項目を決定する。

### 作業同定アルゴリズムと手順

図2に農作業日誌推論フローを示す。作業者は、GPSを携帯し作業を行なう。作業終了後、GPS取得処理でGPSのデータを取得する。GPSのデータから作業者、圃場を決定され、同時に栽培作物が特定される。作物—作業DBから作業候補がエントリーされ、推論部に渡される。推論部におけるルールベース型推論は、「すでに作業が終了している」とデータベースから判断されるものは、除外する」などのルールや「A作業は、即ち終了しているはずである」の事実からなる知識から、「作業Aは除外される」との結論を推論する。ルールベース型推論では、可能性のある作業項目に絞り込む。ファジィ推論では、作業時期6

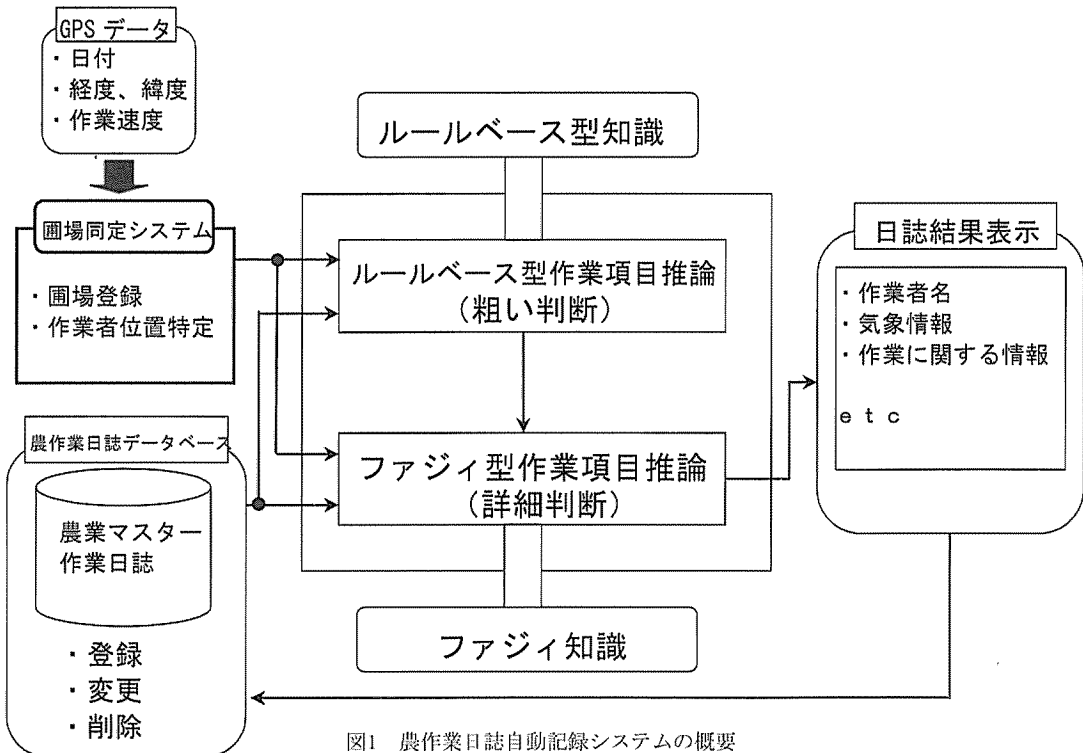


図1 農作業日誌自動記録システムの概要

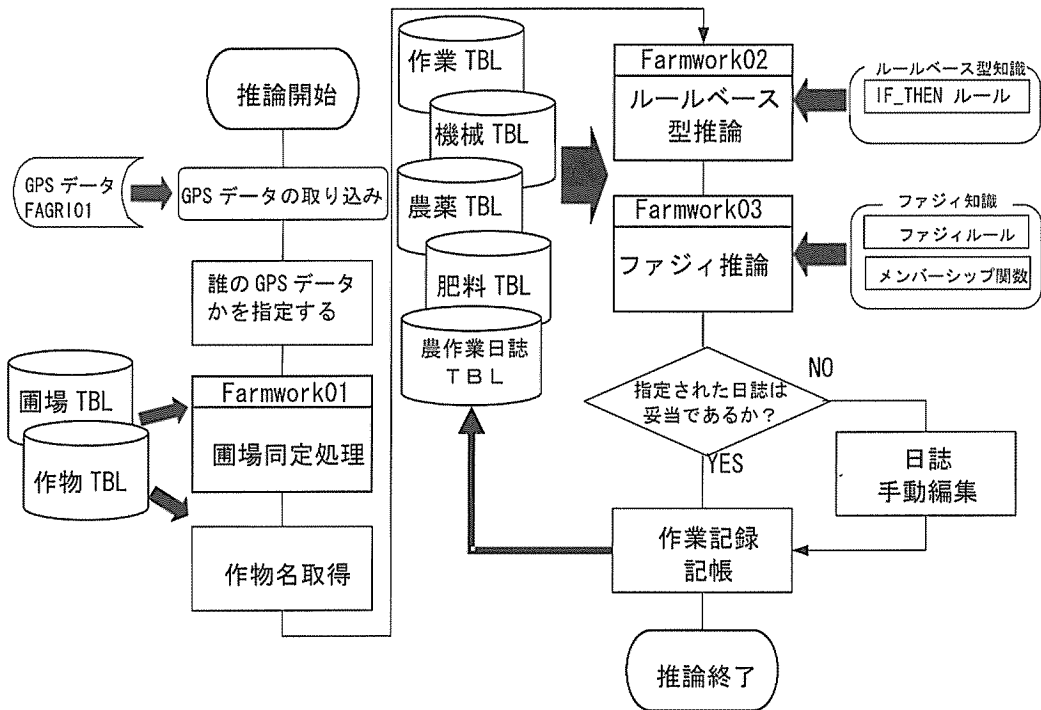


図2 農作業日誌推論フロー

月，作業速度0.41m/s，作業能率5.8ha/h，圃場作業効率65%といった言葉（ファジィ命題）の意味を，メンバーシップ関数によって定義する．これらのファジィ命題を用いてファジィルールを記述する．作業時期，作業速度，作業能率，圃場作業効率の各データから，各ファジィルールの適合度を求め，各ルールを総合した結果から作業内容を同定する．

### 作業圃場の同定システム

図3の左側のフローは，圃場位置情報の登録の流れを示している．圃場の頂点（角の部分）位置と圃場の中の位置を取得する．次に取得したデータを，作成したプログラムに入力する．GPS受信機で取得した点は，どの圃場の位置情報なのか自動的に判断できないため，GPS受信機の地図画面，または圃場図を参考に測点の位置情報を取得する．その後，圃場頂点座標と圃場内座標をもとに，圃場緯度経度を生成する．入力した情報と生成した情報のすべての位置情報を，データベースに登録して圃場登録は終了する．

図3の右側のフローは，作業者の作業位置を決定する流れを示している．作業終了後，GPSのデータをコンピュータに入力し作業者，位置情報，年月日，時間，および移動速度を記した表を作成する．次に登録された位置情報をもとに，その時間の該当する作業圃場名を返す．最終的に作業者，年月日，時間，圃場名，および作業速度といった情報が，データベースに記録される．

### 作業項目推論システム

#### ルールベース型作業項目推論部

ルールベース型推論は，「もし，AならばBである」といったIf-thenルールによって知識を記述し，現在Aが真であれば，Bを真とすることにより推論を進めていく．真偽のはっきりした事象に対して，明確な知識に基づき推論をしていく（安信，1991）．ルールベース型推論では，可能性のある作業項目を絞り込む事を目的としている．以下のような明確な知識に基づいて推論を進めていく．

- ①作業が終了しているものは，除外する．

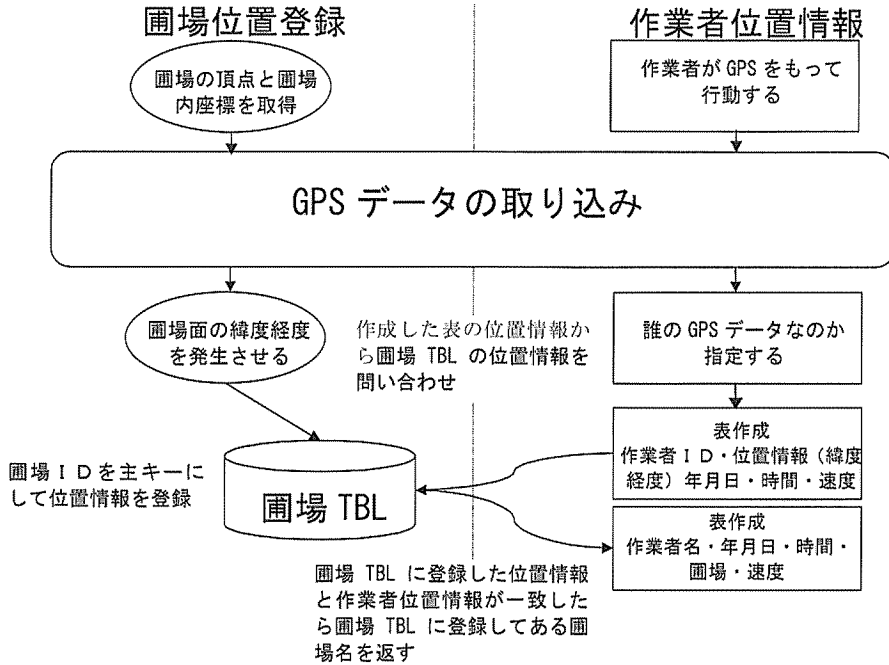


図3 圃場同定システム概要

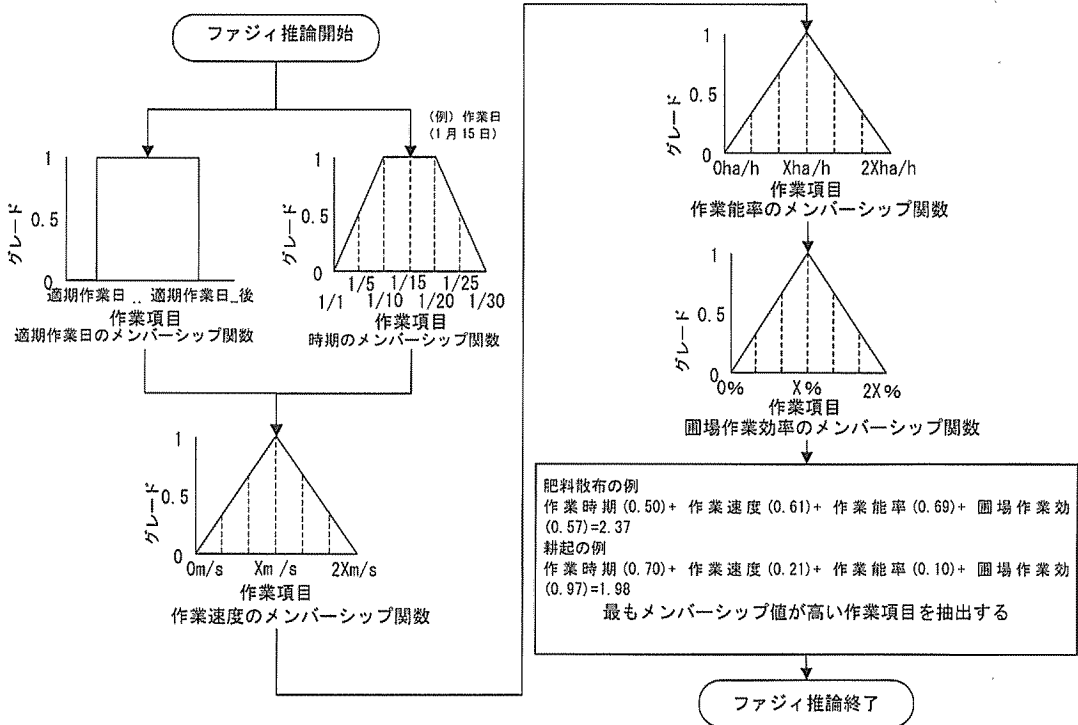


図4 ファジィ推論フロー

- ②日付による作業項目の絞込み.
- ③気象条件による作業項目の絞込み.
- ④午前、午後における作業項目の絞込み.
- ⑤作業者による作業項目の絞込み.

### ファジィ型作業項目推論部

ファジィ推論では、ファジィルールとファジィ命題により表現する。ファジィルールは If-then 形式を成し、各々の条件(If)部命題と結論(then)部命題の意味をメンバーシップ関数で定義する(安信, 1991)。ファジィ推論では、まず、作業に関する経験から、作業時期5月、作業速度0.41m/s、作業能率5.8a/h、圃場作業効率65%から、作業は「田植、代掻き」といった大局的で意味のある経験則を抽出する。

作業能率や圃場作業効率は、作業速度や圃場面積、およびオペレータの能力などによって異なってくる。また、作業速度は、機械の種類によって異なってくる。更に作業時期も作業により大きく異なってくる。そこで、農家の作業経験をコンピュータ化し、作業種の判断として作業時期、作業速度、作業能率、圃場作業効率を用いた。作業における作業速度、作業能率、圃場作業効率は、農作業シミュレータの作業能率検索システムを利

用した (<http://narc.naro.affrc.go.jp/oldss/narcdir/news/80/p06.htm>)。機械における作業速度、作業能率、圃場作業効率は、農業機械の圃場作業能率等一覧を利用した ([http://www.agri.pref.hokkaido.jp/center/syuppan/taikei/12kikai/kikai\\_cd.pdf](http://www.agri.pref.hokkaido.jp/center/syuppan/taikei/12kikai/kikai_cd.pdf))。作業時期は、農繁期における作物毎の必要労働力の集中を避けるために、各作物の作付け体系を適期から1旬だけ前後させることにより、作物間の労働力の競合関係を減少させ、同時に所得の増大を図った労働力配分計画を立案する(中野ら2001)ことから適期±1旬とした。

ファジィ推論のフローを図4に示す。まず、作業時期におけるメンバーシップ値を決定する。その日行われた作業日から、今年の作業時期とを比べ、前後5日の区間における作業については、メンバーシップ値1を定義する。そして、前後10日の区間の作業については、メンバーシップ値1~0.5を定義し、前後15日の間の作業については、メンバーシップ値0.5~0を定義する。適期作業日については、作業TBLに登録されている適期作業日の期間に一致すれば、メンバーシップ値の1、そうでなければメンバーシップ値0を定義する。次に作業速度、作業能率、圃場作

表1 農作業日誌データベースの構成

カテゴリ	テーブル名	データ項目
農業マスター	作物 TBL	作業情報、作業者情報、品目、圃場情報、農薬情報、肥料情報、 機械情報、気象情報
	作業 TBL	
	圃場 TBL	
	機械 TBL	
	農薬 TBL	
	肥料 TBL	
作業日誌	農作業日誌 TBL	作業情報(品目名、作業名、圃場名、作業者名、作業開始、終了時間、日付) 機械稼働情報(機械、品目、圃場、稼働時間、日付) 肥培管理情報(肥料、品目、圃場、投下量、日付) 天気情報(「晴れ時々曇り」等の情報、最低気温及び最高気温)

業効率におけるメンバーシップ値を決定する。作業速度、作業能率、圃場作業効率は、 $0 \sim X$ ,  $X \sim 2X$  をそれぞれ全体集合とし、三角形ファジィ関数で定義した。昨年の作業速度、作業能率、圃場作業効率とを比べ、該当するメンバーシップ値を定義する。作業速度、作業能率、圃場作業効率が、昨年のデータと近いほどメンバーシップ値は高くなる。最後に作業時期、作業速度、作業能率、圃場作業効率のそれぞれのメンバーシップ値を加算し、最もメンバーシップ値の高い作業項目を抽出する。

### 農作業日誌DBの構成

表1に農作業日誌データベースの構成を示す。各TBLの機能は、登録・変更・削除が可能である。作物TBL、圃場TBL、機械TBL、農薬TBL、肥料TBLには、それぞれ該当する項目を入力する。作業TBLには、各作業における適期作業日\_前~適期作業日\_後を入力する。農作業日誌TBLは、記録済みの内容を閲覧することができる。

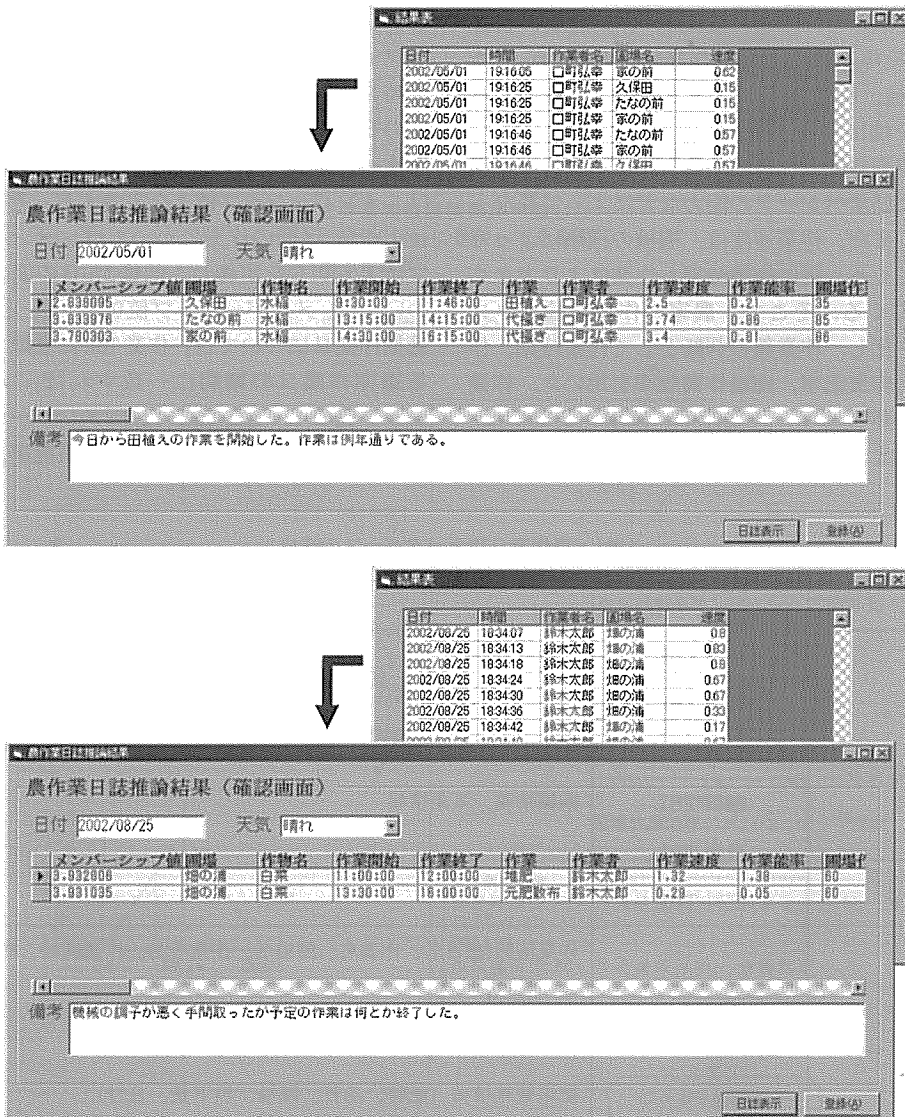


図5 農作業日誌推論結果(確認画面)

農作業項目の推論結果と確認

考察

図5に推論された結果を示す。推論結果は、GPSのデータ（日付、時間、圃場名、速度等）からルールベース型推論およびファジィ推論を経て、最も高いメンバーシップ値の作業項目を示している。作業は、昨年の作業経験（作業時期、作業速度、作業能率、圃場作業効率）と比較しメンバーシップ値が高いほど、昨年の作業経験に近い為、その日行なった作業内容の確率が高いと考えられる。推論された結果が妥当な場合は、登録ボタンにより農作業日誌TBLに保存される。

本システムではGPS 作業自動記録を利用した作業同定アルゴリズムを検討し、システム化の可能性を検討した。作業速度や作業能率および圃場作業効率は、天候や圃場の状態などによっても変化することがある。その為、昨年のデータをそのまま使用するのには難しいと思われ、ある程度の幅を持たせた。作業同定アルゴリズムに、可能性のある作業名を絞り込むルールベース型推論と、最終的な作業名を決定するファジィ推論を使用することにより、重複する作業項目を特定の作業に絞り込むことができ、該当する作業を抽出する作業同定の精度を高めることができた。作業により作業速度、作業能率、圃場作業効率は異なる為、特色のあるデータを得られることができたからである。しかし、作業時期により作業項目を絞り込むことはできるが、多数の作業が重複するケースがある。特に作業速度は機械等により異なるので、作業速度から作業を同定する信用度は高い。しかし、複数の作業を

農作業日誌推論結果（修正画面）

圃場: たなの前 天気: 晴れ 作業: 田植え

メンバーシップ値	圃場	作業開始	作業終了	作業	作業者	作業速度	作業能率	圃場作業効率
3.83	家の前	13:15:00	14:15:00	代掻き	町弘幸	3.74	0.86	85
3.75	久保田	13:15:00	14:15:00	代掻き	町弘幸	3.74	0.86	85
2.989044	たなの前	13:15:00	14:15:00	農薬散布	町弘幸	3.74	0.86	85
2.732931	たなの前	13:15:00	14:15:00	田植え	町弘幸	3.74	0.86	85
2.710583	たなの前	13:15:00	14:15:00	田植え	町弘幸	3.74	0.86	85
2.383771	たなの前	13:15:00	14:15:00	肥料散布	町弘幸	3.74	0.86	85
1.986189	たなの前	13:15:00	14:15:00	耕起	町弘幸	3.74	0.86	85
1.510985	たなの前	13:15:00	14:15:00	草刈	町弘幸	3.74	0.86	85
1	たなの前	13:15:00	14:15:00	水稲管理作	町弘幸	3.74	0.86	85

修正登録

農作業日誌推論結果（修正画面）

圃場: 畑の浦 天気: 晴れ 作業: 移植

メンバーシップ値	圃場	作業開始	作業終了	作業	作業者	作業速度	作業能率	圃場作業効率
3.932806	畑の浦	11:00:00	12:00:00	堆肥	鈴木太郎	1.32	1.38	80
3.931035	畑の浦	13:30:00	16:00:00	元肥散布	鈴木太郎	0.29	0.05	80
2.81082	畑の浦	13:30:00	16:00:00	移植	鈴木太郎	0.29	0.05	80
2.710919	畑の浦	13:30:00	16:00:00	移植	鈴木太郎	0.29	0.05	80
2.659947	畑の浦	11:00:00	12:00:00	耕起	鈴木太郎	1.32	1.38	80
2.610019	畑の浦	13:30:00	16:00:00	移植	鈴木太郎	0.29	0.05	80
2.432148	畑の浦	11:00:00	12:00:00	整地	鈴木太郎	1.32	1.38	80
2.240777	畑の浦	11:00:00	12:00:00	元肥散布	鈴木太郎	1.32	1.38	80
2.032148	畑の浦	11:00:00	12:00:00	耕うん整地	鈴木太郎	1.32	1.38	80

修正登録

図6 農作業日誌推論結果(修正画面)



業速度にて絞り込めないケースにおいて、作業能率や圃場作業効率により作業を同定することができた。

圃場内での機械等のトラブルや作業者による作業中断、そして一時的休憩などの例外ケースでは、作業能率や圃場作業効率の算定値が正確でなく、妥当な推論をすることが難しくなる。そこで、それぞれの例外ケースに対応した補助アルゴリズムを検討し本システムの総合的精度向上を進めている。

GPS 単独測位精度は年々改善されていることから、GPS による作業位置情報を基本情報とする農作業データの経年蓄積は他データ群との連携利用や経営改善に有効な手段と考える。

## 謝辞

本研究において、データを提供していただいた農家の口町弘幸氏、貴重な意見を聞かせていただいた美浦村の野菜農家の松本博志氏、埼玉保農家の鈴木家守氏には、心から謝意を表します。

## 引用文献

安信誠二(1991)ファジィ工学, 株式会社昭晃堂:134-138.

中野和弘・斎藤貞文・大塚雍雄(2001)ハウス栽培作付け計画支援システムの開発, 平成13年度 農業施設学会年次大会講演要旨集:80-81.

町田武美(1995)GPSを利用した農作業記録の自動化に関する研究, 農業情報研究4(2):91-108.

Garmapホームページ

<http://www.catnet.ne.jp/fukuda/garmap/garmap.html>

農作業シミュレータ

[http://www.affrc.go.jp/ja/db/seika/data\\_narc/h11/narc99S401.html](http://www.affrc.go.jp/ja/db/seika/data_narc/h11/narc99S401.html)

<http://narc.naro.affrc.go.jp/oldss/kikai/fwsl/taikeika/>

(付表)農業機械のほ場作業能率等一覧

<http://www.agri.pref.hokkaido.jp/center/syuppan/taikai/12kikai/kikai.cd.pdf>

受付日 2002年9月9日

受理日 2002年12月16日

# Studies on the Automatic Journal System for Field Work by using GPS(2)

## -Work Identification by Fuzzy Theory-

**Takahiro Kamiya and Takemi Machida**

*College of Agriculture, Ibaraki University 3-21-1, Chuo, Ami, Ibaraki, 300-0393 Japan*

### Summary

For farm decision support and farm work optimization as well as farm product traceability, easy and accurate acquisition of farm work record is highly requested. A system that can acquire accurate work record with position information by GPS, could be one of solution to realize this requirement. In this study, we examined a system that estimates work records based on GPS data and automatically records them. The system automatically estimates work record by rule based reasoning and fuzzy based reasoning on the GPS based positioning data and time data with the database on field information, work record, machinery

information, fertilizer /chemical information and crop information. Using tracking data on fieldwork, the system can also estimate field area and working efficiency. In this study, we demonstrate that the work identification from multiple candidates by fuzzy logic base estimation with positioning data, work tracing and velocity data based on GPS is fairly effective.

#### Keywords

GPS, traceability, cultivation history information, agricultural working journal, fuzzy reasoning