論文

ファジィクラシファイアシステムによる 言語指示の意図の抽出†

藤井 誠* 古橋 武*

人間とシステムのコミュニケーションに自然言語を用いれば、より柔軟なコミュニケーションを実現することが可能となる。しかし、自然言語はあいまいであり、システムがこれを解釈するには多くの困難をともなう。従来研究では人間がシステムに言語指示を与えた場合、システムはすでに与えられた知識を利用したりしてその指示の解釈を行ってきた。しかし、抽象的で、的確に把握することが困難な言語指示を人間がシステムに与えた場合、システムは対応する知識を獲得、利用することがきわめて困難となる。本論文ではファジィクラシファイアシステムを用いて、システムが自律的に人間の言語指示を解釈し、意図を抽出するシステムを提案する。意図を抽出することにより、指示内容を的確に把握できるとともに、特定の状況において与えられた言語指示を一般的な知識として獲得できる。ロボットの衝突回避問題に本システムを適用し、言語指示から意図の抽出を行い、その抽出ルールの有効性を示す。

キーワード：ファジィクラシファイアシステム、知識発見、ヒューマンマシンインターフェース

1. はじめに

自然言語は人間にとって最も有効なコミュニケーション手段の一つであり、システムが自然言語を理解できれば、人間とシステムの効率的なコミュニケーションが可能となる。例えば、システムが人間の言語指示を学習可能であれば、人間の利用しやすいシステムを構築することができる。しかし、言語指示を用いてシステムとのコミュニケーションを行うためには、システム自身が指示を的確に把握し、また、その知識を応用できることが重要となる。

言語の持つあいまいさを取り扱う手法としてファジィ推論があり、ファジィ推論を用いた学習インターフェースに関する研究が行なわれている。文献[1]は、定性言語モデルを用いた言語指示学習法を化学反応プロセスのファジィ制御に適用している。この手法により、オペレータの意図に合った制御規則の調整が可能となり、過去の指示内容を組み合わせることにより指示回数40%削減を可能としている。文献[2]は、人間の言語指示をすでに持っている知識や言語と結びつけることにより、マクロで含蓄的な言語指示から新たな知識を獲得する学習法 FULLINS を提案している。応用例として、トレーラトラックシステムと知的ゲームの互目並べに FULLINS の枠組みを適用して有効性を示した。これらの手法では、自然言語を用いて容易にシステムとのコミュニケーションをとることが可能であるが、言語指示の意味付けに人間の評価を必要とする。

これに対して、ファジィクラシファイアシステムによる知識発見手法が提案されている。文献[3]は、ファジィクラシファイアシステムの知識発見能力について考察し、報酬と信頼度割り当て手法を提案している。文献[4]は、ファジィクラシファイアシステムを多入力システムに応用した場合について、有効なメンバーシップ関数の数に応じた報酬と信頼度割り当て手法を提案している。この手法により、遺伝的アルゴリズムの特徴である交叉を有効に活用し、多入力変数を扱う場合に重要な前件部適合度を持つルールの発見を効果的に行なうことが可能である。文献[5][6]は、ファジィクラシファイアシステムに対して、新たに言語指示を自ら解釈し、その指示に対して自律的に行動改善を行なうシステムの提案を行なっている。この手法は、人間から与えられた言語指示の内容をシステムが自律的に解釈し、その指示内容に基づき行動改善を行なうことを実現している。しかし、人間の指示の意図を抽出・応用するまでには至っていない。

本論文ではこれらの研究に対して、ファジィクラシファイアシステムを用いて、言語指示から意図を抽出するシステムを提案する。本論文では、意図を適切な前件部変数のみを持ったルールと捉える。本システムは、人間がシステムに言語指示を与えた場合に、指示の与えられた状況から関係ある前件部変数のみを選択することで、指示の意図を抽出できる。意図を抽出したルールは、指示の与えられた状況とは異なる場合においても、指示者の意図を反映して適切な行動を出力することができる。これにより、従来人間が介入することができなかった文献[3][4]のシステムに対して、人間の指示に基づいて行動を改善することが可能となる。文献[5][6]のシステムは、言語指示から意図を汲み取ることはできなかったが、本システムは不要な入

† A Proposal of Extraction of Intentions in Linguistic Instructions Using Fuzzy Classifier System
Makoto FUJII and Takeshi FURUHASHI

* 名古屋大学大学院工学研究科
School of Engineering, Nagoya University

力情報の削除を可能とすることにより、意図を抽出できる。

シミュレーションを行い、提案システムにより意図を抽出し、その抽出ルールの有効性を示す。

2. 提案システム

2.1 言語指示解釈システム

本システムはファジイクラシファイアシステムを基本システムとして構築される[5][6]。図1に、言語指示解釈システムの概略を示す。ファジイクラシファイアシステムはファジイルールベース、ファジイ推論システム、信頼度割り当てシステム、及びルール生成機構からなる[3][4]。本システムでは、ファジイルールベースを基本行動ルールベースとし、新たに言語指示ルールベースと指示状況ルールベースが設けられている。

1. 基本行動ルールベース：

基本的な行動を行なうためのファジイルールベース。

2. 指示状況ルールベース：

人間の指示と指示の与えられた状況を記憶するためのルールベース。

3. 言語指示解釈ルールベース：

言語指示を解釈し、指示と行動を対応づけるファジイルールベース。

本システムの行動ルール発見は2段階でなされる。最初は基本行動ルールの発見である。システムは環境に対する基本的な知識を、ファジイクラシファイアシステムにより発見的に獲得する。

ファジイクラシファイアシステムは機械学習の枠組みの一つであり、行動の成功・失敗の評価のみから適切な行動ルールが発見できる点に特徴がある[3]。はじめにシステムは自分が置かれた環境の中で基本行動ルールに従って行動する。行動の結果、システムは環境

図1 言語指示解釈システム

から報酬を受けとり、受けとった報酬を信頼度割り当てシステムが信頼度として基本行動ルールに分配する。この信頼度に応じて、ルール生成機構はルールの淘汰、生成を行い、適切な基本行動ルールを発見する。

しかし、基本行動ルール発見のシステムだけでは所定の目的を達成するのに十分な行動ルールを発見することが困難な場合がある。そこで、行動ルール発見の第2段階として、人間の介入により行動ルールの改善を行なう。その際には、システムは人間の出す指示に応じて指示状況ルールと言語指示解釈の初期ルールを生成する。そして、言語指示解釈ルールをルール生成機構により改善する。

指示状況ルールは図2に示すように前件部に指示の出された状況、後件部に言語指示を表す記号を持ち、指示が出されるごとに、各入力変数において値の最も大きなメンバーシップ関数のラベルを用いて生成され、指示状況ルールベースに蓄えられる。

言語指示解釈ルールは、ルール生成機構によりルールの改善がなされた後には、前件部に言語指示を表す記号を持ち、後件部にその言語指示に対応して、基本行動ルールを補正する行動を持つ。ファジイ推論システムでは、まず指示状況ルールの前件部適合度を求める。この適合度は、言語指示を行なった状況との一致度となる。次に、この適合度を、そのまま、対応する言語指示を前件部に持つ言語指示解釈ルールの前件部適合度とする。基本行動ルールと言語指示解釈ルールの出力に対してその重心を取ることで、システムの出力を得る。

言語指示解釈ルールの改善は次の手順により行う。その改善の間、基本行動ルールは固定とし、言語指示解釈ルールは基本行動ルールの補正を行う。

1. 人間から指示が与えられた時、指示状況ルールおよび言語指示解釈ルールを生成する。
2. 言語指示解釈ルールの後件部変数のラベルをランダムに生成し、そのルールによる行動を出力する。

図2 指示状況ルールと言語指示解釈ルールの生成

3. ファジィ推論システムが行動に成功すれば、言語指示解釈ルールの後件部は、人間の指示に対応した行動を獲得したとしてこの手順を終了する。そうでなければ手順4へ行く。
4. 行動結果に対して、新たな人間の指示が与えられれば、その直前の手順1,2で生成された指示状況ルールと言語指示解釈ルールを確定として手順1へ行く。人間の指示もなく行動に失敗すれば手順2へ行き、新たな後件部変数のラベルを生成して同様の手順を繰り返す。人間の指示もなく後件部変数の全ラベルについて行動に失敗すれば、その指示状況ルールおよび言語指示解釈ルールを消去し、その直前に確定とした言語指示解釈ルールについて手順2からやり直す。

これにより、システムは人間の言語指示を行動と対応づけることができる。以上の構成により、本システムは人間を環境の一部とした系に対して、適切な行動をとることが可能となる。

2.2 提案アルゴリズム

人間の指示から意図を抽出するに当って、本論文では、指示の意図を適切な前件部変数のみを持った指示状況ルールと捉える。すなわち、前節の言語指示解釈システムにおいて獲得された各指示状況ルールから、不要な前件部変数の削除を行い、言語指示を与えた人間が念頭においていた状況を抽出する。

意図の抽出は、次の手順により行う。

1. 前節で獲得した指示状況ルールを1つ取り出す。
2. 取り出した指示状況ルールの前件部の各変数に順次ドントケアを挿入する。ドントケアの挿入は全数探索とする。ドントケアの挿入された変数のメンバーシップ関数の値は常に1となる。
3. ドントケアを挿入した指示状況ルールを用いて、環境の中で行動させる。
4. 行動の結果、成功した場合はそのルールが不要な前件部変数を削除できているものとして、システムに記録しておく。
5. 2~4を繰り返し、記録されたルールの中でドントケアを最も多く含むルールを、人間の指示の意図を抽出した意図抽出ルールとする。
6. 指示状況ルールベースにまだ取り出されていないルールがあるか調べる。無ければこの手順を終了する。ルールがあれば1に戻る。

なお、本論文の意図の抽出とは趣旨が違うが、ドントケアの活用により有効な知識獲得を行う研究には文献[7][8]があることを付言しておく。

本論文では、前件部変数の削除を容易にするために、ファジィルールの前件部適合度の計算法として次の“幾何平均法”を提案する。ファジィルールの前件部 i 番目の変数を x_i とし、前件部変数の数を n 個とすると、幾何平均法におけるルールの適合度 ω を次のように定義する。

$$\omega = {}^{(n-a)}\sqrt{\prod_{k=1}^n h(x_k)} \quad (1)$$

ここで $h(x_i)$ は、ルール前件部 i 番目の変数がドントケアである場合に1、そうでない場合に x_k のメンバーシップのグレードとなるスイッチング関数である。 a はルール前件部のドントケアの個数である。

本論文の幾何平均法の特徴は、実際にファジィ推論で用いられている変数の数 $((n-a)$ 個)により、 $(n-a)$ 乗根を求めているところにある。これにより、着目する前件部変数の平均メンバーシップ関数値がルールの適合度となり、前件部変数の数の異なるルール間でルールの適合度を同等に扱うことが可能となる。従来ファジィルールの適合度計算法には、代数積演算、minimum 演算などがある。代数積演算による場合、ルールの適合度がすぐに0に近い値になってしまう欠点がある[9]。不要な前件部変数をドントケアとすると、ドントケアの個数によってそのルールの適合度が大きく変化してしまう。このことは、前件部変数の数の異なるルール間では適合度を同等に扱うことができないことを意味し、代数積演算は本論文の目的である意図の抽出には適さない。一方、minimum 演算による場合、ルールの適合度は最も小さいメンバーシップ関数値により決まるので、各ルールの適合度を前件部変数の数に無関係に、同等に扱うことができる。しかし、このことはグレードの大きな変数が適合度に反映されないことを意味し、人間が指示を与える際に考慮する状況の中で、最も適していない変数が適合度を決定してしまう。従って、minimum 演算は指示の解釈としては不適切であり、人間の与えた指示によって行動改善を行うことが困難となる。

3. シミュレーション

3.1 問題設定

本論文で提案したシステムをロボットの衝突回避問題に適用する。ここでは、自機は1体の他機との衝突を回避しながらゴールに入ることを目的とする。図3に自機と他機とゴールの位置関係及び各パラメータを示す。自機と他機のスピードはそれぞれ、 $|V|$ 、 $|V_o|$ で一定とし、他機は直進動作のみとする。自機と他機との直線距離を D 、自機と他機を結ぶ直線と自機の進行方向

図3 シミュレーションのパラメータ

とのなす角を δ 、自機とゴールを結ぶ直線と自機の進行方向とのなす角を θ とする。 V_R は自機から見た他機の相対速度で、自機と他機を結ぶ直線と V_R とのなす角を ϕ とする。また、自機の旋回角速度を ω とする。図4にシミュレーション環境を示す。自機は左の壁から出発して右のゴールを目指し、他機は画面の上から下に横切る設定とする。ここで成功とは、自機が衝突回避を行ないながらゴールに到達することである。失敗は、自機が他機と衝突する、自機が指定された範囲の外に出る、または自機の進行方向とゴールとの相対角度 θ の絶対値が90度以上になることである。自機と他機の位置関係を5通り変化させ、それぞれの場合ごとに成功、失敗の判定を行なう。

3.2 衝突回避

本システムでは、基本行動ルールはファジィクラシファイシステムにより獲得される。基本行動ルールは、例えば、

$$\begin{aligned} &\text{If } D \text{ is PB, } \phi \text{ is NS, } \delta \text{ is ZO, } \theta \text{ is PB,} \\ &\quad \omega \text{ is PS} \\ &\text{then } \Delta\omega \text{ is ZO} \end{aligned} \quad (2)$$

と記述される。入力として他機との相対距離 D 、相対速度角 ϕ 、他機との相対角度 δ 、ゴールとの相対角度 θ 、自機の旋回角速度 ω を用いた。また、出力は旋回角速度 ω の修正分 $\Delta\omega$ を用いた。入出力の各変数には、Negative Big (NB), Negative Small (NS),

図4 シミュレーション環境

Zero (ZO), Positive Small (PS), Positive Big (PB) の5つのラベルを持つメンバーシップ関数を用いた。メンバーシップ関数の形状は2等辺三角形とした。また、ファジィルールの適合度計算法は幾何平均法を用いた。

はじめに100個のルールをランダムに生成し、自機を操舵した。ゴールへ到達すればシステムは正の報酬を、到達できなければ負の報酬を環境から受けとり、その報酬に基づいて基本行動ルール群に遺伝的演算を施す。この操作を繰り返すことにより、ファジィクラシファイシステムの特徴である行動の成功・失敗の評価のみから、基本的な操舵に必要な100個の基本行動ルール群を生成することが期待される。基本行動ルールを100個としたのは、文献[3][4]の結果より、自機を操舵してゴールへ入れるためには最低100ルールは必要となることを考慮したためである。

図5は、ファジィクラシファイシステムにより獲得された基本行動ルールによる操舵結果を示す。この時のファジィクラシファイシステムの終了条件は、言語指示解釈システムの効果を確認することを目的として、不十分なままの基本行動ルールを基とすることにして、5通りの試行のうち少なくとも3つ以上ゴールすることとした。このうち、ゴールへ入れなかった出発地点5のケースに対して、自機をゴールに向かわせるた

(a) 出発地点1

(b) 出発地点5

図5 基本ルールによる行動

めの言語指示を与えることとした。

ここで人間がシステムに与える言語指示は、キーボードのいずれかのキーとした。人間は、例えば、“そこを右”や“危ない!”などの言葉を伴って指示を与えるが、システムは元より指示が与えられた時の状況とキーボード入力しか判らない。システムは言語指示を受けると、指示を受けた時の状況を前件部に持ち、与えられた言語指示(キーボード入力)を後件部に持つ指示状況ルールを作成する。同時に、与えられた言語指示(キーボード入力)を前件部に持ち、後件部はその言語指示に対する出力をランダムに選択することにより、初期言語指示解釈ルールを作成する。システムは言語指示解釈ルールの後件部を変化させて何度も試行を繰り返し、成功した時の言語指示解釈ルールの後件部を、その言語指示に対する正しい解釈(行動)であるとしてこれを決定する。

言語指示を与える人間は画面を真上から見ている設定とし、図5(b)の出発地点5から出発した自機に対して言語指示を行なった。2.1節の手順に従って指示状況ルールおよび言語指示解釈ルールの獲得を行なった。その結果、ロボットはゴールへ到達することができた(図6)。図6中の↓印は、人間が言語指示を与えた場所を示す。

獲得された言語指示に関するルールは以下の様であった。指示状況ルール(A)~(C)は、図6中の↓印(A)~(C)とそれぞれ対応している指示状況ルール(A)~(C)とそれぞれ対応している。

指示状況ルール

- If D is PB, ϕ is ZO, δ is ZO, θ is ZO, ω is ZO
then 言語指示 is “右” (A)
- If D is NB, ϕ is ZO, δ is ZO, θ is ZO, ω is NS
then 言語指示 is “少し右” (B)
- If D is NB, ϕ is ZO, δ is NS, θ is ZO, ω is ZO
then 言語指示 is “少し上” (C)

図6 言語指示後の行動(出発地点5)

言語指示解釈ルール

- If 言語指示 is “右” then $\Delta\omega$ is PS
- If 言語指示 is “少し右”
then $\Delta\omega$ is PB
- If 言語指示 is “少し上”
then $\Delta\omega$ is PS

学習の結果、“右”の指示に対して旋回角速度の修正部 $\Delta\omega$ がPS、“少し右”の指示に対して $\Delta\omega$ がPB、“少し上”の指示に対して $\Delta\omega$ がPSをとるルールが得られた。人間が画面を真上から見て、少し不自然な指示を出しているにもかかわらず、それぞれの状況において指示の解釈がなされている。

3.3 意図の抽出

得られた結果から人間の言語指示の意図を抽出するために、2.2節の手順に従って、指示状況ルールの前件部変数から指示に関係のない変数の削除を行った。得られた3個の指示状況ルールの前件部に、順次ドントケアを挿入し、シミュレーションを行い、ゴールに到達できるかどうかを調べた。ドントケアの挿入により行動に大きな変化がなく、ロボットがゴールに到達できれば、当該の変数は不要であることが判る。以下に最もドントケアの数が多く、抽出度の高いルールを示す。(ただし、ドントケアの項は省略してある)

意図抽出ルール

- If D is PB, θ is ZO
then 言語指示 is “右” (A')
- If D is ZO, ϕ is ZO, ω is NS
then 言語指示 is “少し右” (B')
- If ϕ is PS, δ is NS, ω is ZO
then 言語指示 is “少し上” (C')

また、これらのルールを用いた時のロボットの軌跡を図7に示す。指示状況ルール(A)から意図を抽出した指示状況ルール(A')は、前件部に、自機と他機との距離 D と、ゴールとの相対角度 θ の2つしか残っておらず、

図7 意図抽出後の行動(出発地点5)

他の3つのパラメータは削除されている。このときシステムは、“右”の言語指示の意図を、他機との距離が大きくゴールとの相対角度が0であるとき、舵を右廻りに少し切ることであると解釈している。人間は上から見たときの自機とゴールとの位置関係で“右”の言語指示を与えていることから(図6の↓印(A))、システムは人間が念頭に置いた意図を獲得できていると理解される。(B')、(C')も同様に、行動に必要なパラメータは指示の意図として残され、不要なパラメータは削除されていることがわかる。

また、意図抽出前の行動(図6)と意図抽出後の行動(図7)で著しい行動の差が見られないことから、行動に必要な前件部変数がドントケアにより削除され、行動に必要な前件部変数だけが抽出されて残っていることがわかる。

3.4 意図を抽出したルールの有効性

次に、意図を抽出したルールの有効性を示すため、システムが獲得した言語指示ルール(A)~(C)と、そこから意図を抽出したルール(A')~(C')とを用いて、自機を図4の出発地点4から出発させた。図8(a)は基本行動ルールのみでの行動を示す。言語指示ルールを用いた行動では(図8(b))、言語指示ルールが全く発火せず、基本行動ルールのみでの行動と同じであった。図8(c)の意図を抽出したルールを用いた行動では、ゴールへ向かう行動をとることができた。

この理由は、次のように考えられる。言語指示ルールは、言語指示が与えられた時の状況をパラメータとしてすべて持っているため、きわめて限定した状況でしか発火しない。しかし意図を抽出したルールは、不要な情報が削られているため、与えられた言語指示に対するルールを広い範囲で適用することが可能である。このため、以前とは状況が変わった場合に、意図を抽出したルールは発火することができ、ゴールへ向かう行動をとることができたのである。

4. まとめ

本稿では、人間のあいまいな言語指示から、指示の意図を抽出できるシステムの提案を行った。シミュレーションを行い、本システムにより指示の意図を抽出できることを示し、さらに意図抽出ルールの有効性を示した。本研究は、人間とシステムの言語を通したコミュニケーションの実現を容易にすることを目的としており、今後は文章による指示を自律的に理解できるシステムについて検討を進めていきたい。

(a) 基本行動ルールのみでの行動

(b) 言語指示ルールでの行動

(c) 意図抽出ルールでの行動

図8 出発地点4からの行動

参考文献

- [1] 宮本、伊藤、後藤、菅野：“言語指示による制御規則調整方法” 第11回ファジィシステムシンポジウム講演論文集 pp.779-780(1995)
- [2] 菅野、朴：“ファジィ理論を用いた、言語指示による学習” 日本ファジィ学会誌 Vol.4, No.6, pp.1164-1181(1992)
- [3] 古橋、中岡、森川、前田、内川：“ファジィクラシファイアシステムによる知識発見に関する一考察” 日本ファジィ学会誌 Vol.7, No.4, pp.839-848(1995)
- [4] 中岡、古橋、内川、前田：“ファジィクラシファイアシステムの報酬と信頼度割り当てに関する一提案” 日本ファジィ学会誌 Vol.8, No.1, pp.65-72(1996)
- [5] 長谷川、亀井、古橋、内川：“ファジィクラシファイア

システムを用いた言語指示に対する解釈及び行動改善に関する考察”第12回ファジィシステムシンポジウム講演論文集, pp.459-462(1996)

- [6] 藤井、長谷川、古橋、内川：“状況に応じた言語指示の解釈及び行動改善に関する研究”第6回インテリジェントシステム・シンポジウム講演論文集, pp.185-188(1996)
- [7] T.Hasiyama, T.Furuhashi, Y.Uchikawa, “A Study on Finding Fuzzy Rules for Semi-Active Suspension Controllers with Genetic Algorithm”, Proc. of Int'l Conf. on Evolutionary Computation(ICEC'95), pp. 279-282, 1995
- [8] H.Ishibuchi, T.Nakashima, T.Murata, “A Fuzzy Classifier System that Generates Linguistic Rules for Pattern Classification Problem”, Lecture Notes in Artificial Intelligence, vol.1152, pp.35-54, 1996
- [9] 水本雅晴：“ファジィ制御法において max と min の使

用は適当か?”第9回ファジィシステムシンポジウム予稿集, pp.317-320(1993)

(1997年 9月 4日 受 付)
(1998年10月21日 再受付)

[問い合わせ先]

〒464-8603
名古屋市千種区不老町
名古屋大学大学院工学研究科
電子情報学専攻 古橋研究室
藤井 誠
TEL : 052-789-2793
FAX : 052-789-3166
E-mail : fujii@bioele.nuee.nagoya-u.ac.jp
http : //www.bioele.nuee.nagoya-u.ac.jp/

—— 著 者 紹 介 ——

藤井 誠 (ふじい まこと)

名古屋大学大学院工学研究科
平成8年3月名古屋大学工学部電子情報学科卒業。現在、同大学大学院博士後期課程在学中。ファジィクラシファイアシステムを用いた知識獲得に関する研究に従事。

古橋 武 (ふるはし たけし)

名古屋大学大学院工学研究科
昭和60年3月名古屋大学大学院博士課程修了。平成2年12月より名古屋大学工学部助教授。工学博士。平成6年日本ファジィ学会論文賞受賞。主としてソフトコンピューティングに関する研究に従事。

A Proposal of Extraction of Intentions in Linguistic Instructions Using Fuzzy Classifier System

by

Makoto FUJII & Takeshi FURUHASHI

Abstract :

If machines are capable of understanding natural language, communications between humans and machines will be very efficient. However, natural language is often very vague or inaccurate, and it has been very difficult to construct such capable machines. When an instruction is given from a human to a system, the conventional way has been to utilize a priori knowledge to understand it. Where the instruction is expressed linguistically, it is very hard for the system to acquire a priori knowledge.

This paper presents a system which is able to understand linguistic instructions given by a human operator and to extract intention from the linguistic instructions using a Fuzzy Classifier System(FCS). By extracting the intention, the system can generalize the instructions for different conditions. By applying the proposed system to an obstacle avoidance problem, simulations are done to show that the system can extract intentions, and the extracted rules have generality.

Keywords : Fuzzy Classifier System(FCS), Knowledge Finding, Human-Machine Interface

Contact Address : **Makoto FUJII**

Bio-Electronics Lab., Dept. of Information Electronics,
Graduate School of Engineering, Nagoya University
Furo-cho, Chikusa-ku, Nagoya, 464-8603, Japan
TEL : 052-789-2793
FAX : 052-789-3166
E-mail : fujii@bioele.nuee.nagoya-u.ac.jp