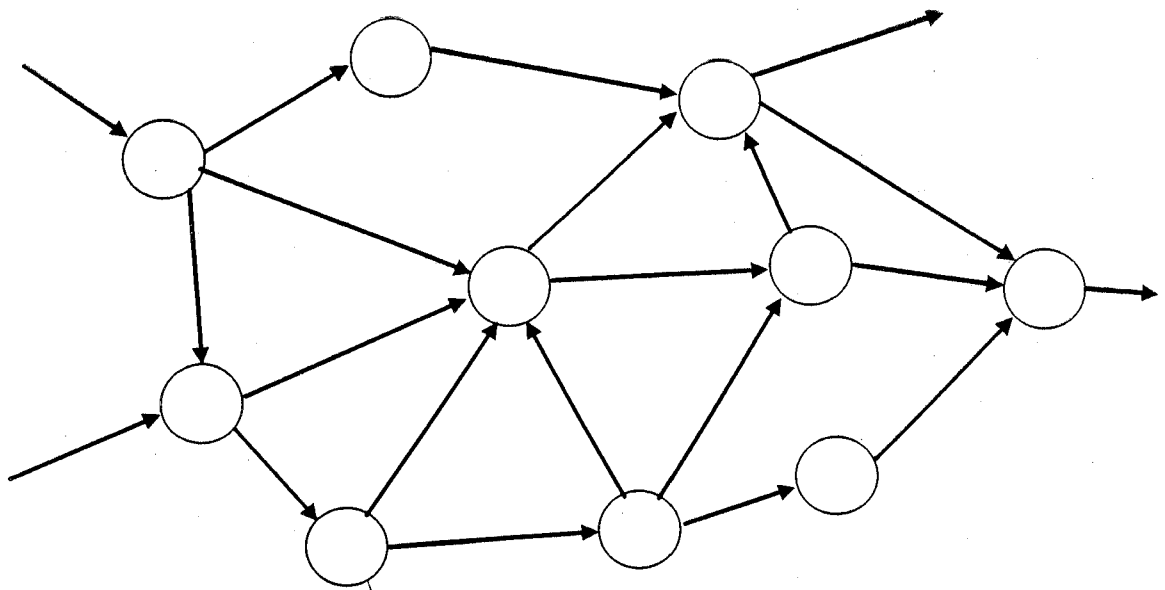


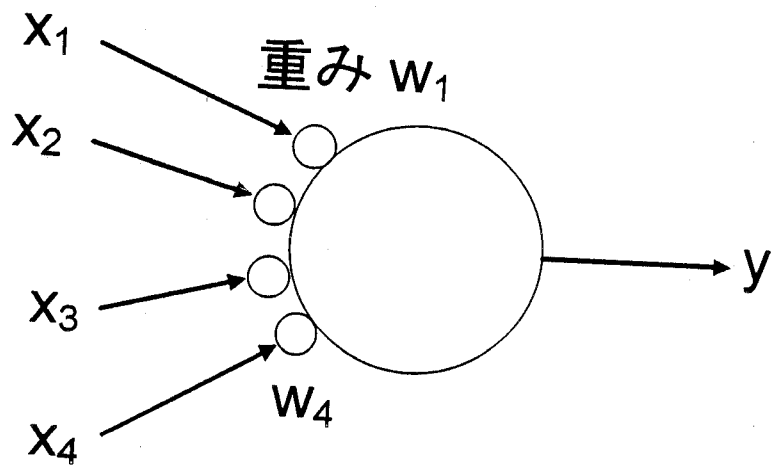
ニューラルネットワーク制御

1. ニューラルネットワーク
2. ニューラルネットワークの用途と魅力
3. ニューラルネットワークの制御への活用
4. ニューラルネットワーク制御の課題
5. 研究内容の一部紹介
6. 将来の方向性

ニューラルネットワーク



神経細胞モデル
(ノード)



$$a = \sum w_i x_i, \quad y = s(a)$$

シグモイド関数

ニューラルネットワークの用途

1. 分類問題

- 例：パターン認識
- 利用されるネットワーク：
多層型ネットワーク，一般化学習ネットワーク，自己組織化特徴マップ

2. 関数近似問題

- 例：制御，予測
- 利用されるネットワーク：
多層型ネットワーク，リカレント型ネットワーク，一般化学習ネットワーク)

3. 最適化問題

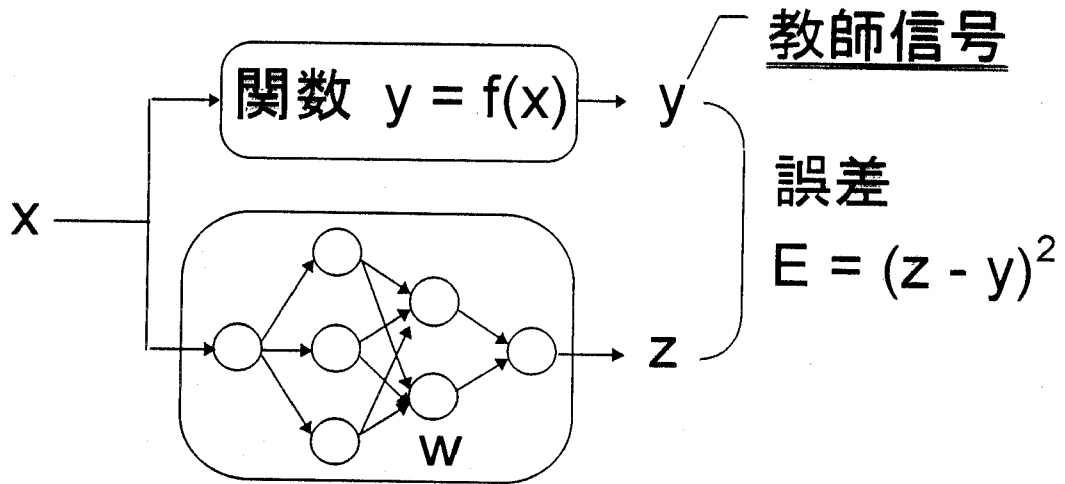
- 例：配置問題・計画問題
- 利用されるネットワーク：
ホップフィールドネットワーク

ニューラルネットワークの魅力

関数近似

- 学習：関数を覚える
- 表現能力：多様な関数が表現できる
非線形関数も表現可能

関数近似



ニューラルネットワーク

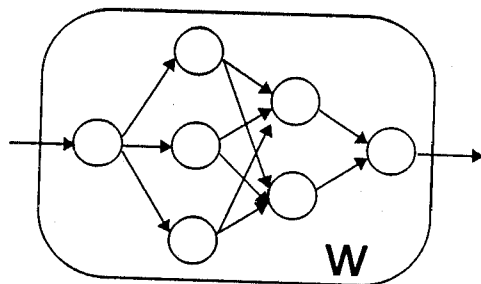
誤差 E が小さくなるように重み w を決定
= 学習 → 関数 f を近似

関数 f は分からなくてよい
 x, y のデータがあればよい



制御対象について不明確なところがあってもよい
不明確さを補うデータがあればよい

学習



E を小さくするように w を更新

dE/dw が 正 \rightarrow w を 減少 させると
 E は小さくなる

dE/dw が 負 \rightarrow w を 増加 させると
 E は小さくなる

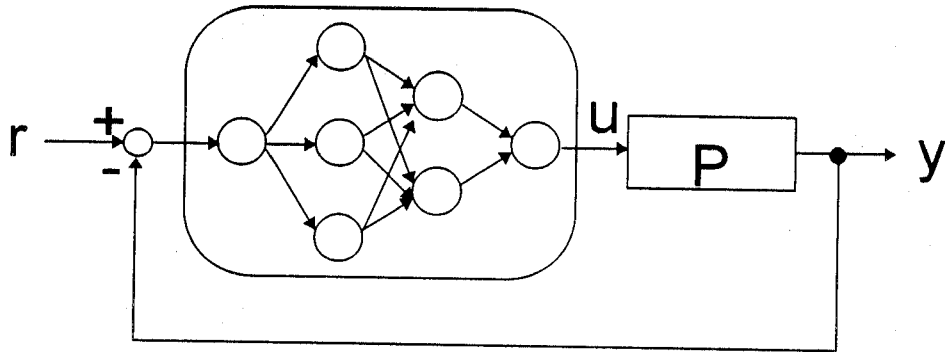
w を逐次更新

$$w^{\text{new}} = w^{\text{old}} - \eta \left. \frac{dE}{dw} \right|_{w=w^{\text{old}}}, \quad \eta > 0$$

dE/dw が計算できる必要

最小化すべき関数 E

制御系



$E = (y - r)^2$ 出力が目標値に一致

$E = (y - r)^2 + \alpha u^2$ 過大な入力を抑える



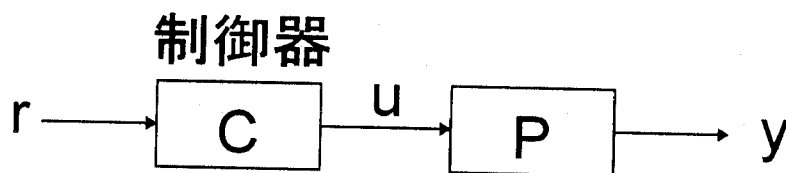
いろいろな制御仕様を満たす制御系

逆システム制御器

制御対象：



制御系：



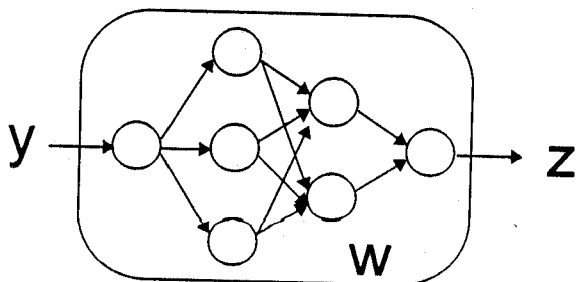
制御目標： $y = r$

もし、 $C = P^{-1}$ (Pの逆システム) なら、
 $y = PCr = PP^{-1}r = r$

原システム： $y = Pu$



逆システム： $u = P^{-1}y$



$E = (z - u)^2$ を
小さくする
ように学習

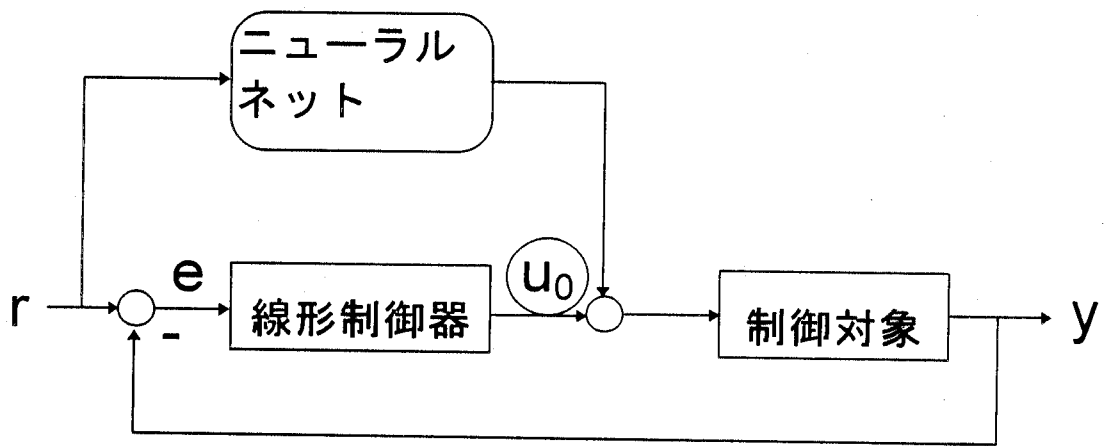
ニューラルネットワーク制御の課題

- ネットワークの構造決定
ノードの個数などの適切な決定
- ネットワークの学習
学習方法 (E を真に最小にする方法)
学習用データ
教師信号 (dE/dw の計算可能性)
学習時と実使用時の違い
- 制御系の良好な動作の保証
安定性, 学習の収束性の保証
- ブラックボックス・システム
内部の働きがわかりにくい

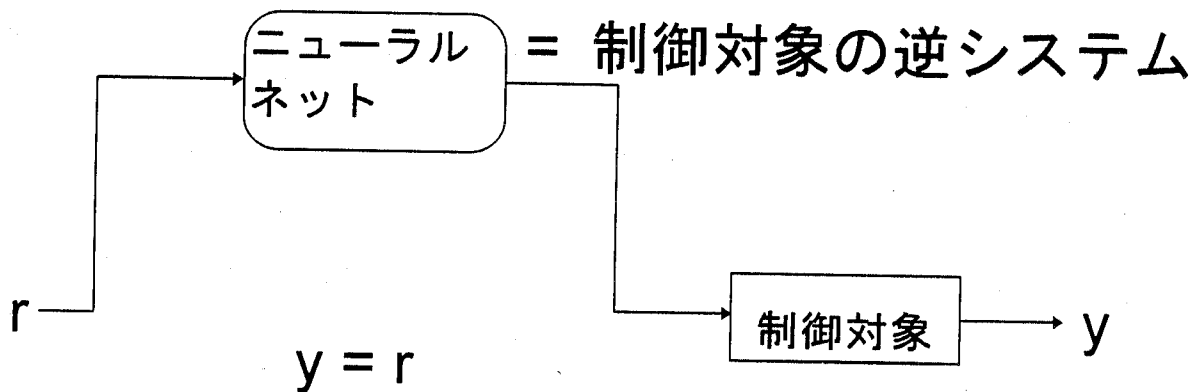
確立された制御技術との融合

線形制御器の併用

1. フィードバック誤差学習



線形制御器の出力 u_0 が 0 になるように
ネットワークを学習
このとき $e = r - y = 0$



将来の方向性

1. 高機能化

- できることを増やす
- 広い範囲のシステムを取り扱えるようにする

2. 高性能化

- 高精度化，高速化

3. 高知能化

- 人間の手をわずらわせる部分を減らす

UDC 621.876-503.5:164
631.3:371.69

論文

45-76

学習機械のエレベータ群管理制御への応用

日立製作所 平沢 宏太郎

日立製作所 河竹 好一

日立製作所 弓仲 武雄

日立製作所 岩坂 達夫

1. まえがき

近年、学習機械、すなわち、パターン認識能力を学習的操作用により取得することが可能な機械の研究が活発に行なわれているが、実際の工業面に応用した例は少ない。⁽¹⁾ われわれは学習機械の学習、識別論理を適用したエレベータ群管理制御装置（パターン管理盤）*の検討を行ない、学習機械をエレベータ群管理制御に適用するうえでの問題点の抽出とその解決を図った。（従来より CTP と称して群管理制御は実施されている。）開発した装置（特許出願中）の学習、識別論理は、識別論理として区分的線形識別論理を採用し、学習論理については、エレベータ制御に適した一学習論理の開発を行なった。なお、今回は種々の事情から学習論理のハードウェア化は行なわず、識別論理のみの装置化を行なった。

東京の某ビルにおいて本装置の実機テストを行なったところ、良好な特性が得られることが判明した。

2. エレベータ群管理制御について

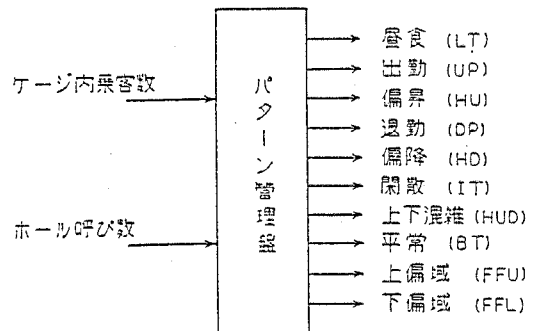
エレベータ群管理制御とは、絶えず変動するビル内の交通需要に応じて、エレベータ運転方式を適応的に選定し、エレベータ群を合理的に運転することを目的とする。すなわち、第1図に示すように、ケージ内の乗客数、ホール呼び数などの検出要素により総合的な判断を行ない、昼食(LT)、出勤(UP)、偏昇(HU)、

退勤(DP)、偏降(HD)、閑散(IT)、平常(BT)、上下混雑(HUD)、上偏域(FFU)、下偏域(FFL)などの各種エレベータ運転方式の選定を行なうものである。ここで、偏昇とは上昇方向の交通需要が多いとき、偏降とは下降方向の交通需要が多いとき、また、上下混雑は上昇、下降両方向の交通需要が多いとき、偏域とは上層または下層の交通需要が多いときのエレベータ運転方式である。したがって、エレベータ群管理制御装置（パターン管理盤）は一種のパターン認識装置とみなすことができ、ケージ内乗客重量、ホール呼び数などの検出要素を l 次元ベクトル $X = (x_1, x_2, \dots, x_l)$ で表わすと、(l : 検出要素の総数を表わす)

具体的にたとえば、

- x_1 : 上昇運行エレベータのケージ内乗客重量和
- x_2 : 下降運行エレベータのケージ内乗客重量和
- x_3 : 上昇方向ホール呼び数
- x_4 : 下降方向ホール呼び数
-

のように考えることとすると、パターン管理盤の機能は l 次元ベクトル空間内の任意の点 X' を、前述した



第1図 パターン管理盤の構成

Fig. 1. Construction of pattern discriminator.

Application of Learning Machine to Full Automatic Groups Supervisory Control of Elevators. By K. HIRASAWA, Member, K. KAWATAKE, Member (Hitachi Research Laboratory, Hitachi Ltd.), T. YUMINAKA, Member & T. IWASAKA, Member (Mito Works, Hitachi Ltd.).

平沢宏太郎: 正員, 日立製作所日立研究所
河竹好一: 正員, 日立製作所日立研究所
弓仲武雄: 正員, 日立製作所水戸工場
岩坂達夫: 正員, 日立製作所水戸工場

*: 従来、エレベータ群管理制御では、学習機械というカテゴリーを群管理運転パターンと称している。したがって、本論文では誤解をまねかぬように、いわゆる学習機械というパターンを入力情報カテゴリーをエレベータ運転方式と名付けることにした。

一般化学習ネットワーク理論

● 教師付ニューラルネットワークのパラダイムと何が異なるのか

- (1) 静的システム/動的システムの学習を統一的に行う
 - layered neural network (BP法)
 - recurrent neural network (BPTT法, RTRL法)
- (2) 正時間伝播と逆時間伝播の学習アルゴリズムを実現している
 - フォワードプロパゲーション
 - バックワードプロパゲーション
- (3) ネットワークの構成が一般的である
 - 任意の非線形ノード
 - 任意のサンプル遅れ時間
 - 任意のマルチ接続
- (4) 一般的な評価指標を局所最小とする学習アルゴリズムを実現している
 - システムのノード出力の関数
 - システムのノード出力の微分値の関数
- (5) 高次微分を計算するアルゴリズムを体系化している
 - 1, 2, ..., n次微分
 - フォワードプロパゲーション/バックプロパゲーション

一般化学習ネットワーク理論

● 従来の非線形制御/ニューラルネットワーク制御と何が異なるか

(1) システムとそのコントローラを同一のネットワークの枠組で表現している

(2) 変分理論による非線形最適制御理論

- コントローラ出力を時間関数として学習する
- 環境変化に弱い

一般化学習ネットワーク非線形最適制御理論

- コントローラのパラメータ変数を学習する
- 環境変化に強い

(3) 高次微分を使用した制御を行う

- ロバスト制御が実現できる
- カオス制御が実現できる
- 安定性と速応性を考慮した一般非線形制御理論を実現できる
- 大域的安定性の検討が可能となる