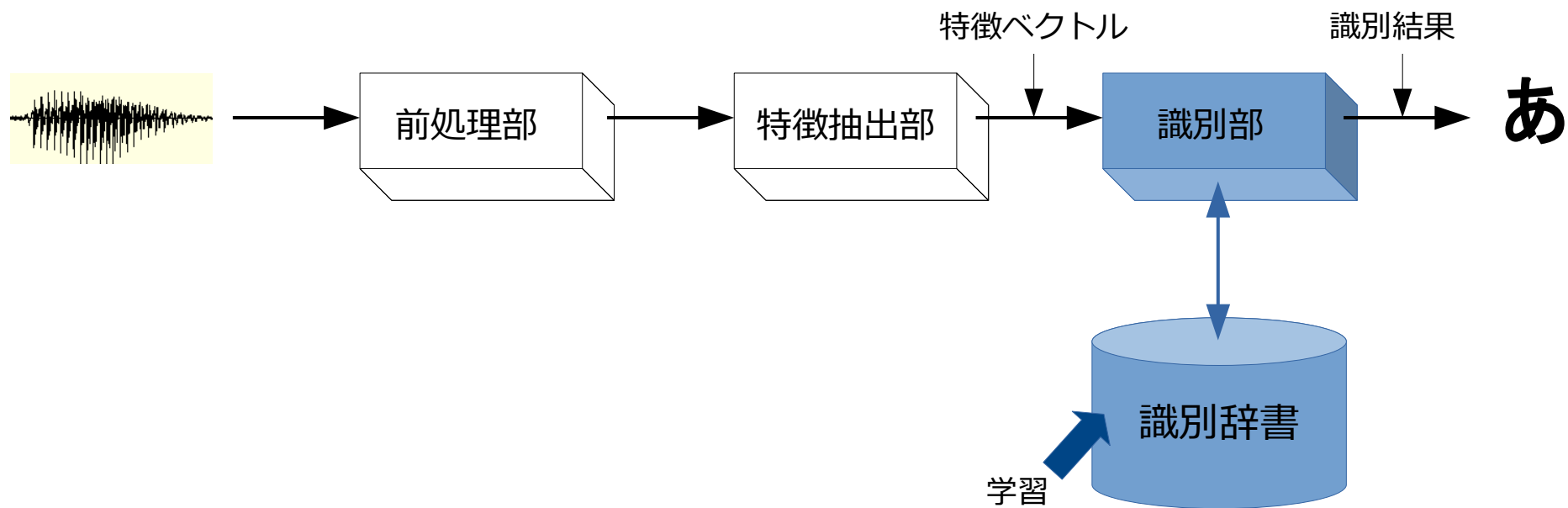


4. パターンを識別しよう



4.1 NN 法の定式化と問題設定

4.1.1 「もっとも近い」の定義

- 識別対象のクラス： $\omega_1, \dots, \omega_c$
- プロトタイプ
 - 各クラスの代表となる点

$$\mathbf{p}_i = (p_{i1}, \dots, p_{id})^T \quad (i = 1, \dots, c)$$

- 識別したい入力データ

$$\mathbf{x} = (x_1, \dots, x_d)^T$$

4.1.1 「もっとも近い」の定義

- 入力ベクトルとプロトタイプとの距離

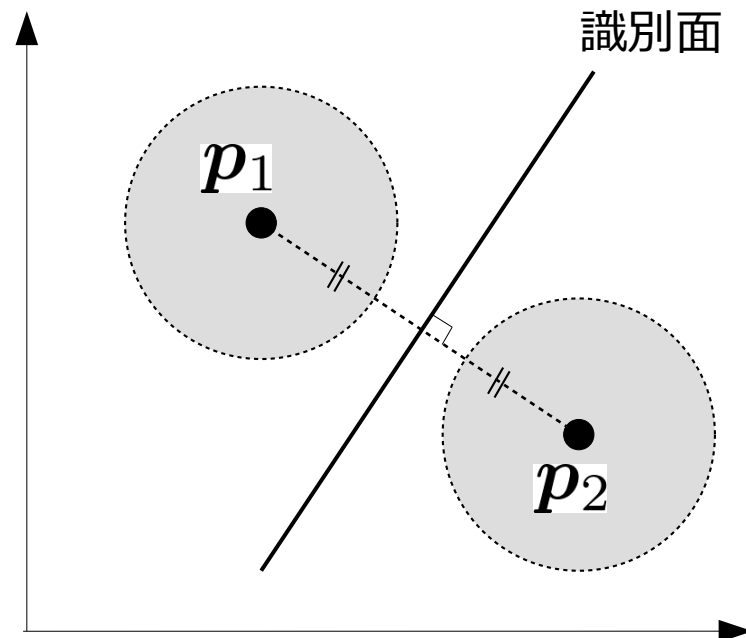
$$D(\boldsymbol{x}, \boldsymbol{p}_i) = \sqrt{(x_1 - p_{i1})^2 + \cdots + (x_d - p_{id})^2}$$

- NN法の判定式

$$\operatorname{argmin}_i D(\boldsymbol{x}, \boldsymbol{p}_i) = k \quad \Rightarrow \quad \boldsymbol{x} \in \omega_k$$

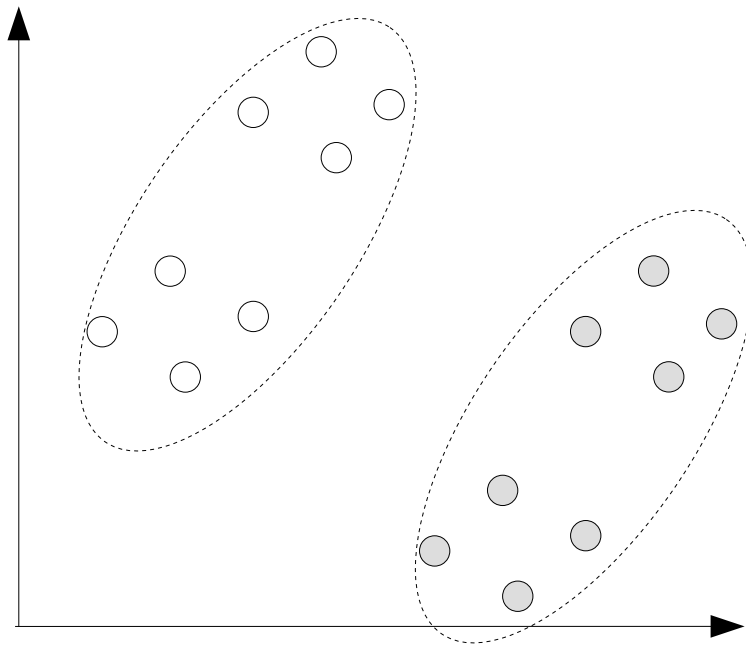
4.1.2 プロトタイプと識別面の関係

- 特徴空間の分割
 - 2次元特徴の2クラス問題 ($d = 2, c = 2$) を考える
 - クラスを分離する境界
 - …プロトタイプから等距離にある領域
- 2次元のNN法では垂直2等分線
- 多次元では超平面
- **決定境界**あるいは**識別面**とよぶ

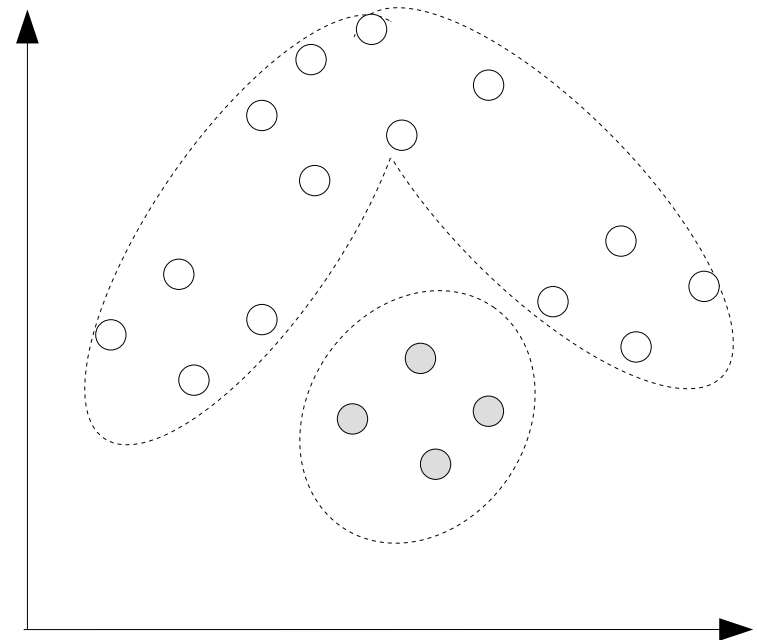


4.1.2 プロトタイプと識別面の関係

- 線形分離可能性
 - 直線（超平面）で2つのクラスが誤りなく分割できる場合を**線形分離可能**とよぶ



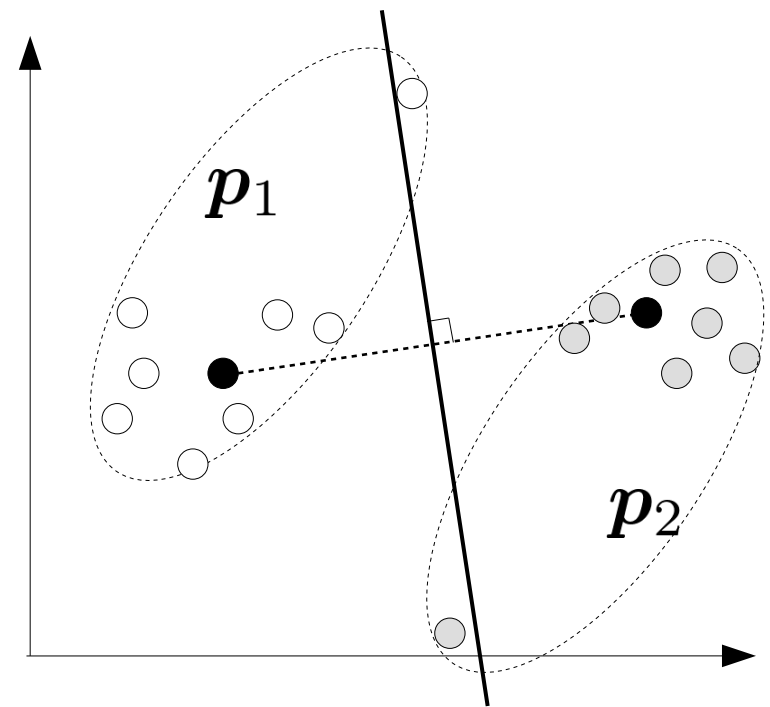
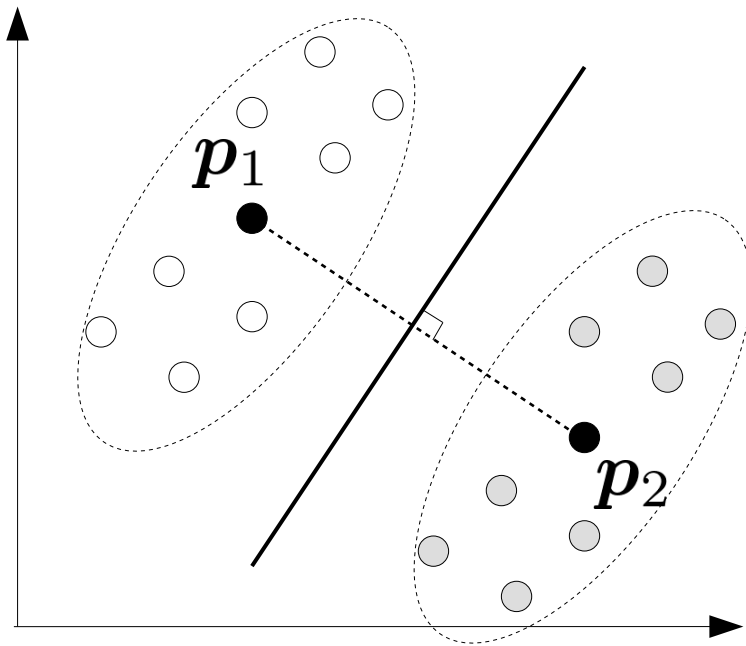
線形分離可能なデータ



線形分離不可能なデータ

4.1.3 プロトタイプ的位置の決め方

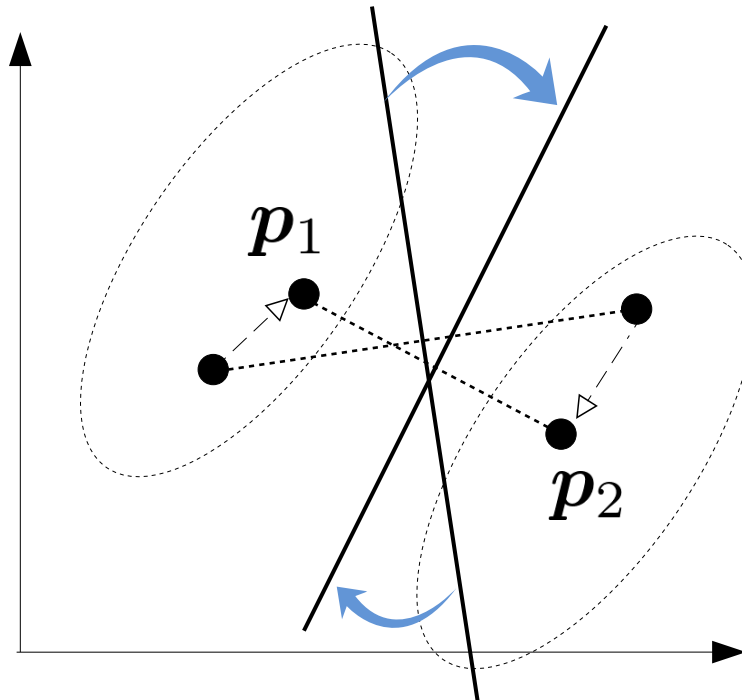
- クラスを代表するプロトタイプの設定法
 - 例) クラスの分布の重心



重心ではうまくゆかないことがある

4.2 パーセプトロンの学習規則

- 識別面の学習
 - 線形分離可能なデータに対して、識別誤りが生じない位置にプロトタイプを設定する



4.2 パーセプトロンの学習規則

- 学習とは
 - プロトタイプの正しい位置を自動的に求めること
- 学習パターン
 - 識別部設計（特徴空間の分割）用に収集されたパターン
- 学習の手順
 - 学習パターンを用いて、学習パターンをすべて正しく識別できるような識別面を見いだすこと

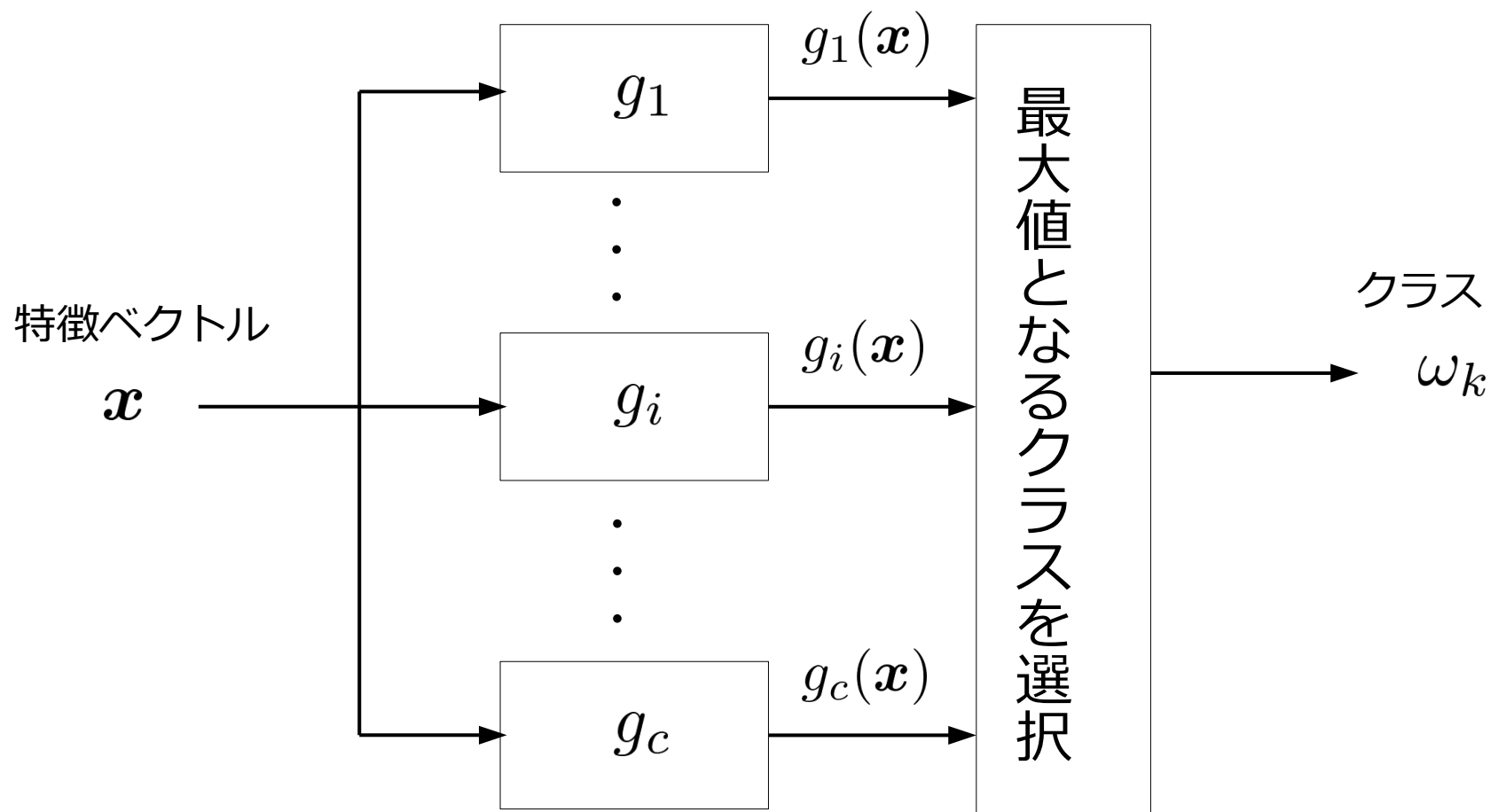
4.2.1 識別関数の設定

- 1 クラス 1 プロトタイプのNN法の定式化
 - クラス : $\omega_1, \dots, \omega_c$
 - プロトタイプ : $\mathbf{p}_1, \dots, \mathbf{p}_c$
 - 入力パターン : \mathbf{x} (特徴ベクトル)
 - NN法 : $D(\mathbf{x}, \mathbf{p}_i) = \|\mathbf{x} - \mathbf{p}_i\|$ を最小にする i を探す
 - $\rightarrow \|\mathbf{x} - \mathbf{p}_i\|^2 = \|\mathbf{x}\|^2 - 2\mathbf{p}_i^T \mathbf{x} + \|\mathbf{p}_i\|^2$
 - $\rightarrow g_i(\mathbf{x}) = \mathbf{p}_i^T \mathbf{x} - \frac{1}{2}\|\mathbf{p}_i\|^2$ を最大にする i を探す

識別関数

4.2.1 識別関数の設定

- NN法による識別部の実現



4.2.2 識別関数とパーセプトロン

- 線形識別関数

- 識別関数の係数を

$$p_{ij} = w_{ij} \quad (j = 1, \dots, d), \quad -\frac{1}{2} \|\mathbf{p}_i\|^2 = w_{i0}$$

と置き換える

$$g_i(\mathbf{x}) = w_{i0} + \sum_{j=1}^d w_{ij} x_j$$

$$= \sum_{j=0}^d w_{ij} x_j \quad (x_0 \equiv 1)$$

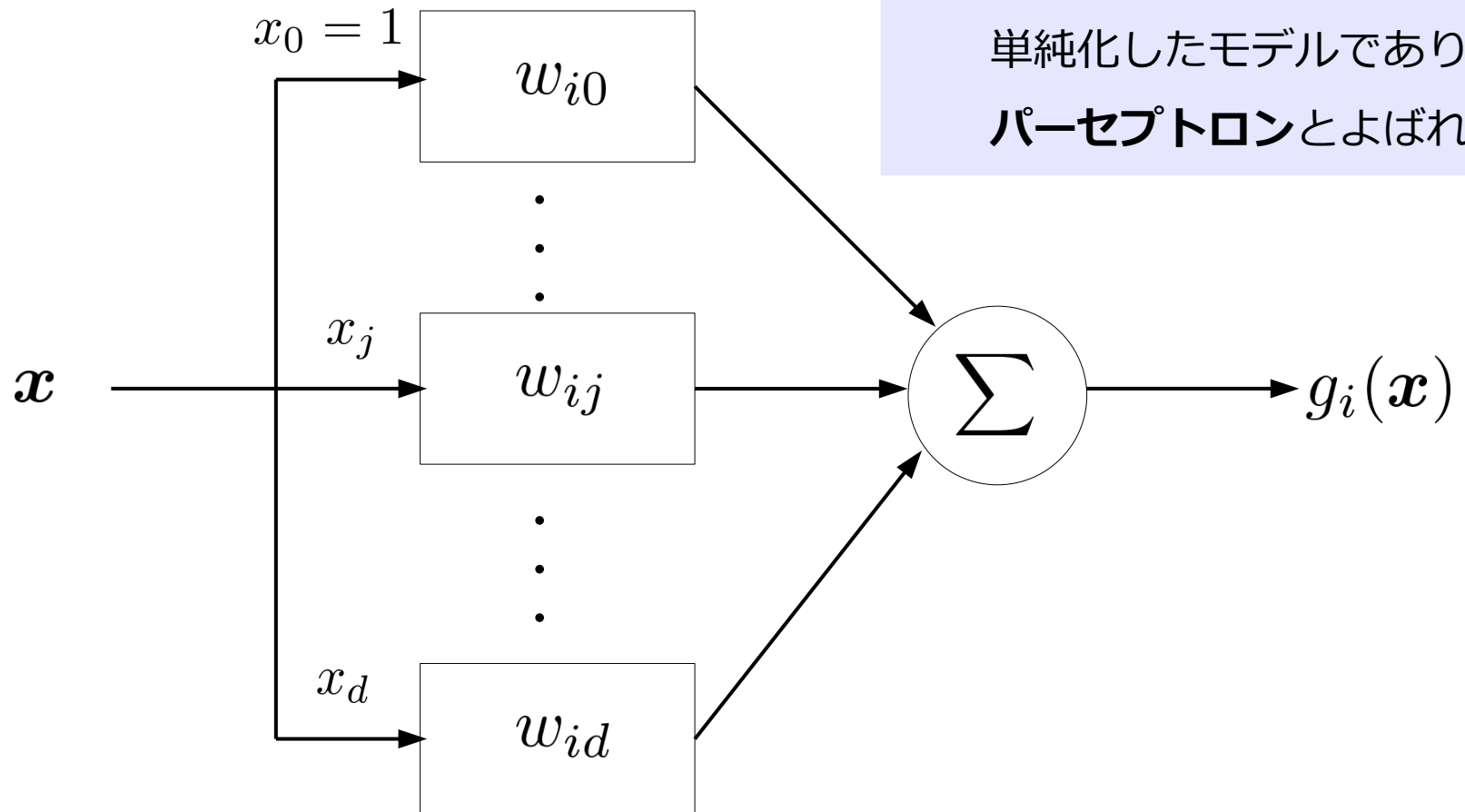
$$= \mathbf{w}_i^T \mathbf{x}$$

重みベクトル

\mathbf{w}_i, \mathbf{x} は $d + 1$ 次元

4.2.2 識別関数とパーセプトロン

- 線形識別関数の計算法



この計算機構は神経細胞の振舞いを
単純化したモデルであり、
パーセプトロンとよばれる

4.2.3 2クラスの識別関数の学習

- 多クラスの線形識別関数の学習
 - 学習パターン全体： χ
 - クラス ω_i に属する学習パターンの集合 χ_i
- の全ての要素 \boldsymbol{x} に対して

$$g_i(\boldsymbol{x}) > g_j(\boldsymbol{x}) \quad (j = 1, \dots, c, j \neq i)$$

が成り立つように重み w_i を決定する

4.2.3 2クラスの識別関数の学習

- 2クラスの場合
 - 1つの識別関数

$$g(\boldsymbol{x}) = g_1(\boldsymbol{x}) - g_2(\boldsymbol{x}) = \boldsymbol{w}^T \boldsymbol{x}$$

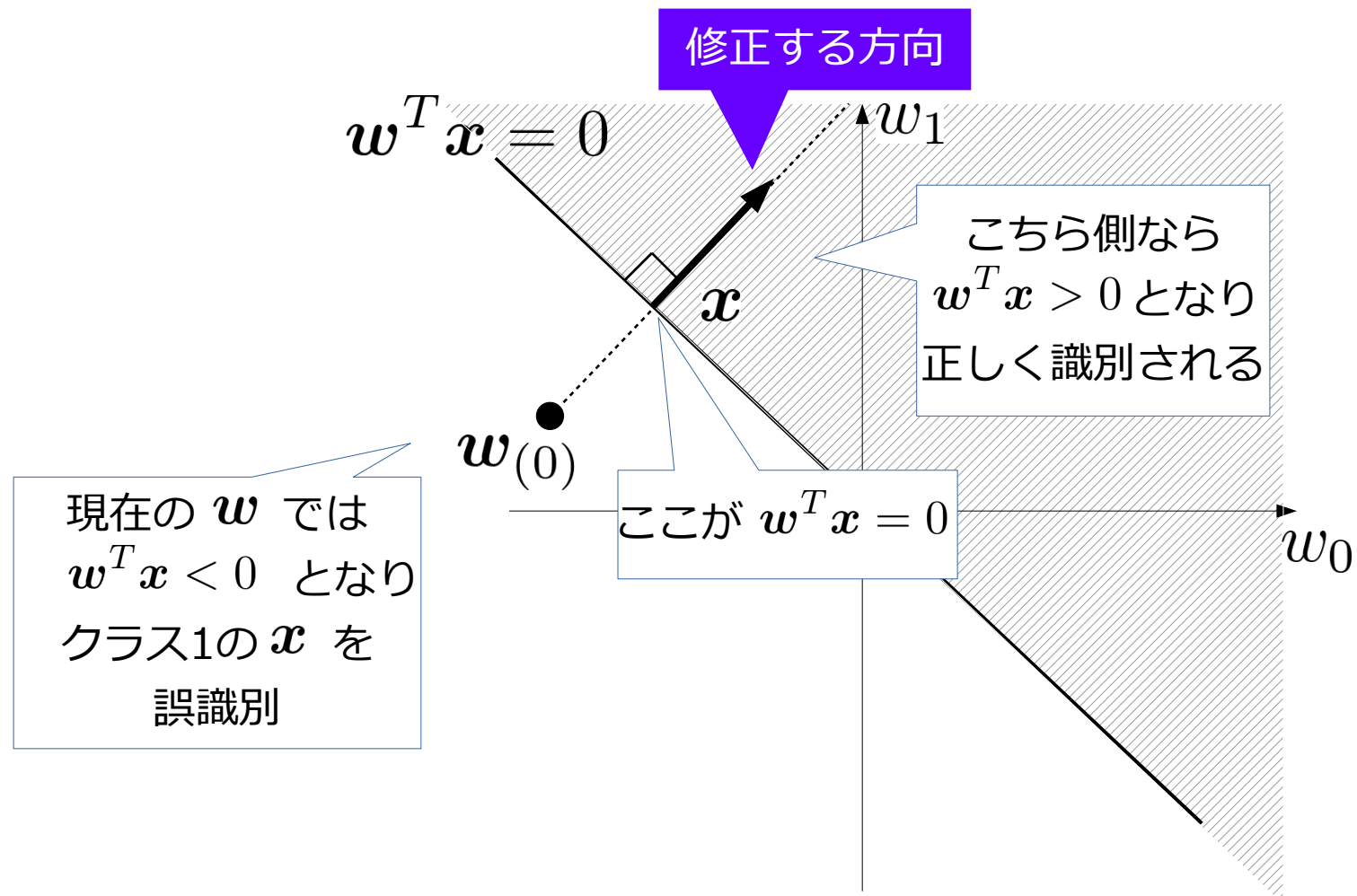
の正負を調べ、

$$g(\boldsymbol{x}) = \boldsymbol{w}^T \boldsymbol{x} \begin{cases} > 0 & (\boldsymbol{x} \in \chi_1) \\ < 0 & (\boldsymbol{x} \in \chi_2) \end{cases}$$

となる \boldsymbol{w} を求める

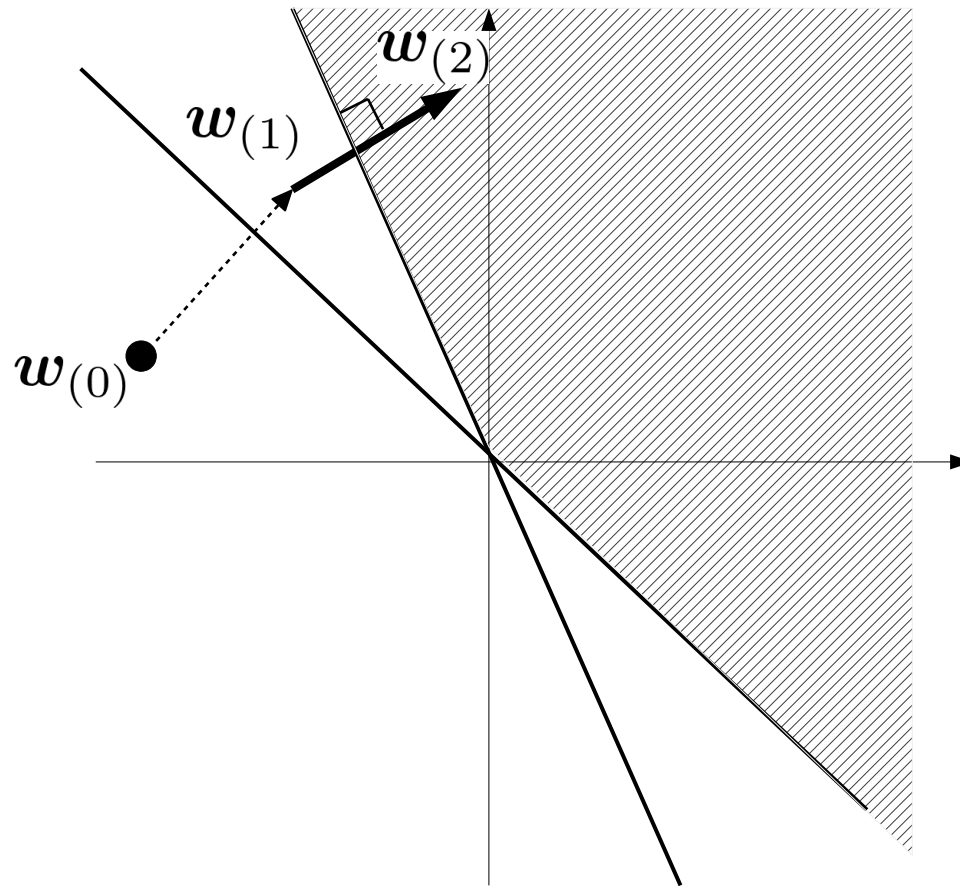
4.2.3 2クラスの識別関数の学習

- 重み空間での重みの修正



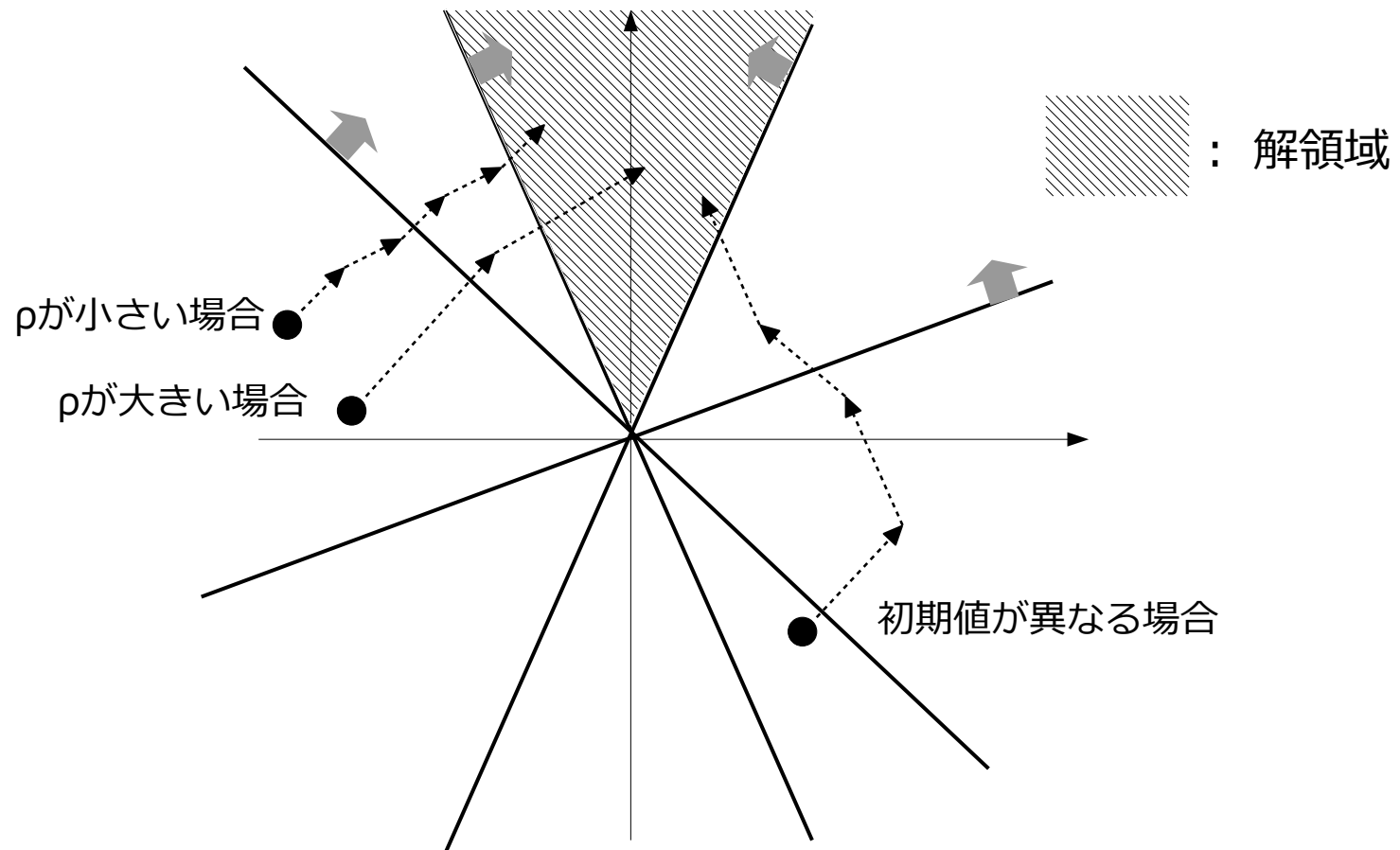
4.2.3 2クラスの識別関数の学習

- 別の学習データに対する重みの修正



4.2.3 2クラスの識別関数の学習

- 解領域への重みの修正プロセス



4.2.4 パーセプトロンの学習アルゴリズム

- パーセプトロンの学習規則

1. w の初期値を適当に決める
2. 学習データからひとつ x を選び、 $g(x)$ を計算
3. 誤識別が起きたときのみ、 w を修正する

$$w' = w + \rho x \quad (\text{クラス1のパターンをクラス2と誤ったとき})$$

$$w' = w - \rho x \quad (\text{クラス2のパターンをクラス1と誤ったとき})$$

学習係数

4. 2,3を全ての学習データについて繰り返す
5. すべて識別できたら終了。そうでなければ2へ

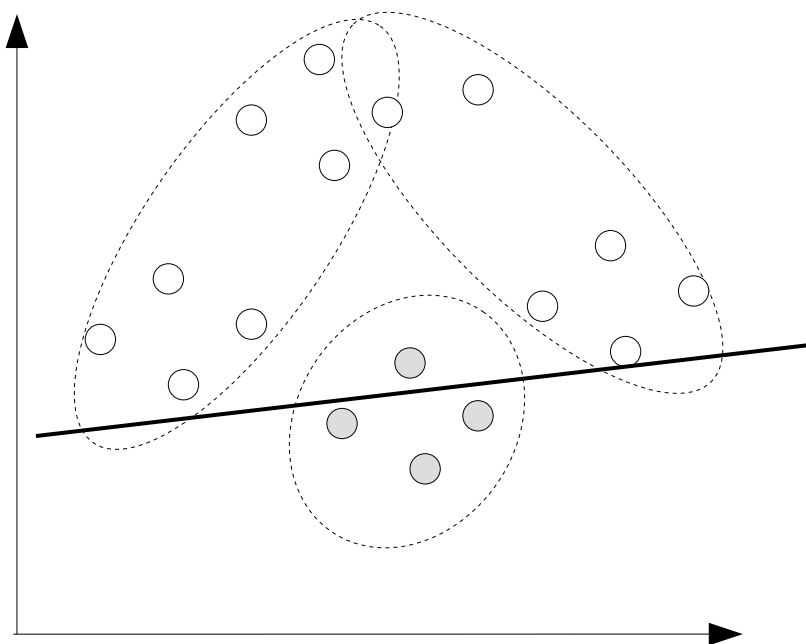
4.2.4 パーセプトロンの学習アルゴリズム

- パーセプトロンの収束定理
 - データが線形分離可能であれば、パーセプトロンの学習規則は有限回の繰り返しで終了する
- 学習係数 ρ の設定
 - 大きすぎると重みの値が振動する
 - 小さすぎると収束に時間がかかる

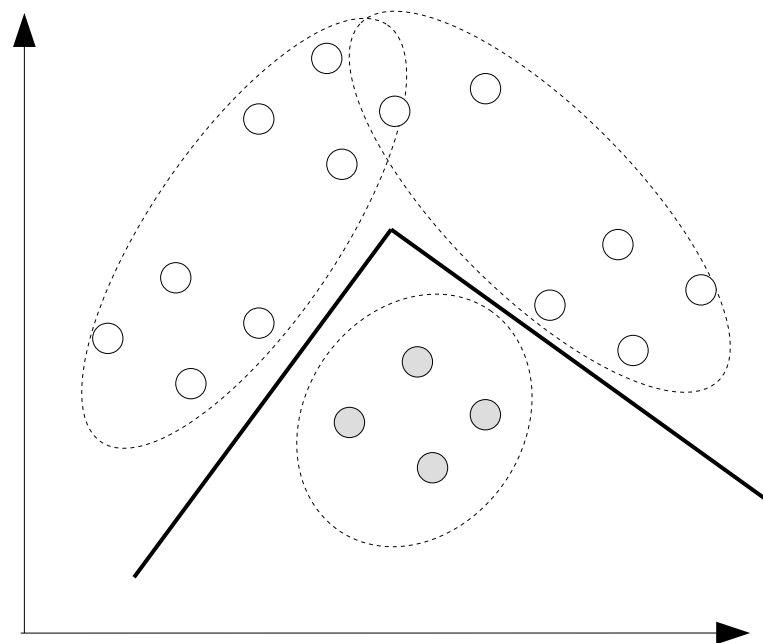
一般的には小さい値が無難

4.3 区分的線形識別関数とk-NN法

4.3.1 平面で区切れない場合



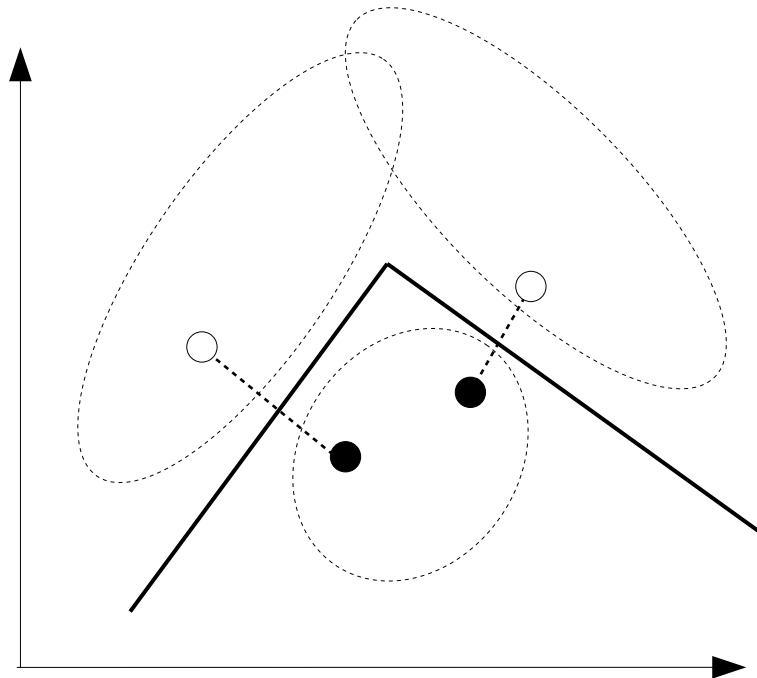
線形分離不可能なデータ



区分的線形識別関数を用いた場合

4.3.2 区分的線形識別関数の実現

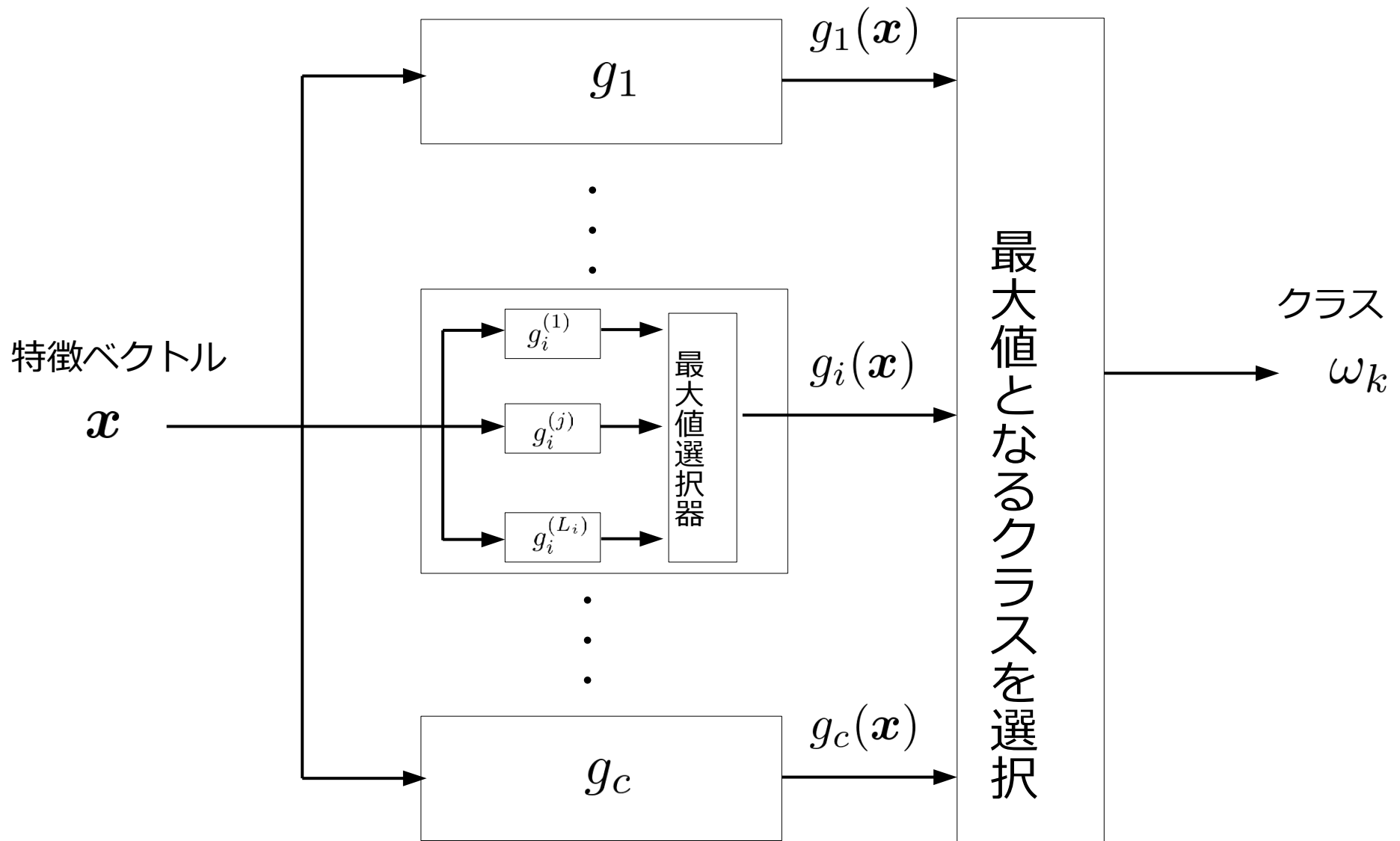
- 区分的線形識別関数の決め方
 - 各クラス複数のプロトタイプを設定



4.3.2 区分的線形識別関数の実現

- 区分的線形識別関数の定義
 - クラス ω_i の識別関数 $g_i(\mathbf{x})$ を L_i 個の副次(線形)識別関数 $g_i^{(l)}(\mathbf{x})$ ($l = 1, \dots, L_i$) の最大値としてあらわす

4.3.2 区分的線形識別関数の実現

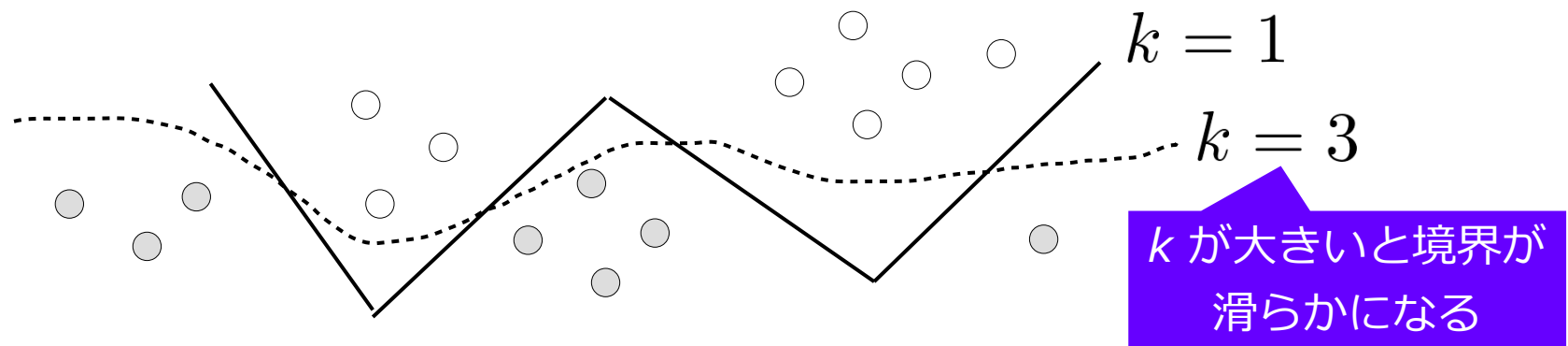


4.3.3 区分的線形識別関数の識別能力と学習

- 区分的線形識別関数の能力
 - 複雑な非線形決定境界でも、任意の精度で近似可能
- 区分的線形識別関数の学習
 - 副次識別関数の個数 L_i と、各関数の重みの両方を学習しなければならない
- パーセプトロンの学習規則が適用できず、一般に学習は難しい

4.3.4 学習をあきらめるのも一手 - k-NN法

- k-NN法とは
 - 全ての学習データをプロトタイプとする
 - 入力に近い順から k 個のプロトタイプのクラスを調べ、多数決を取る
 - 実験の際のベースラインとして用いられる



4.3.4 学習をあきらめるのも一手 - k-NN法

- k-NN法の特徴
 - 非線形性を示すデータにも対処できる可能性がある
- kが多いほど識別境界は滑らかになる
- k-NN法の（かつての）問題点
 - 記憶容量
 - 計算時間

現在ではあまり問題にならない