

楽器演奏における組合せ最適化問題と動的計画法

澤井賢一（インダストリアルデザインコース 助教）

はじめに

組合せ最適化とは

条件を満たす組合せの中から、最も良いものを見つけること

例：お菓子の買い方（同じ種類は1つだけ）
変数 = お菓子の選び方, 条件 = 計100円以下,
基準 = 満足度

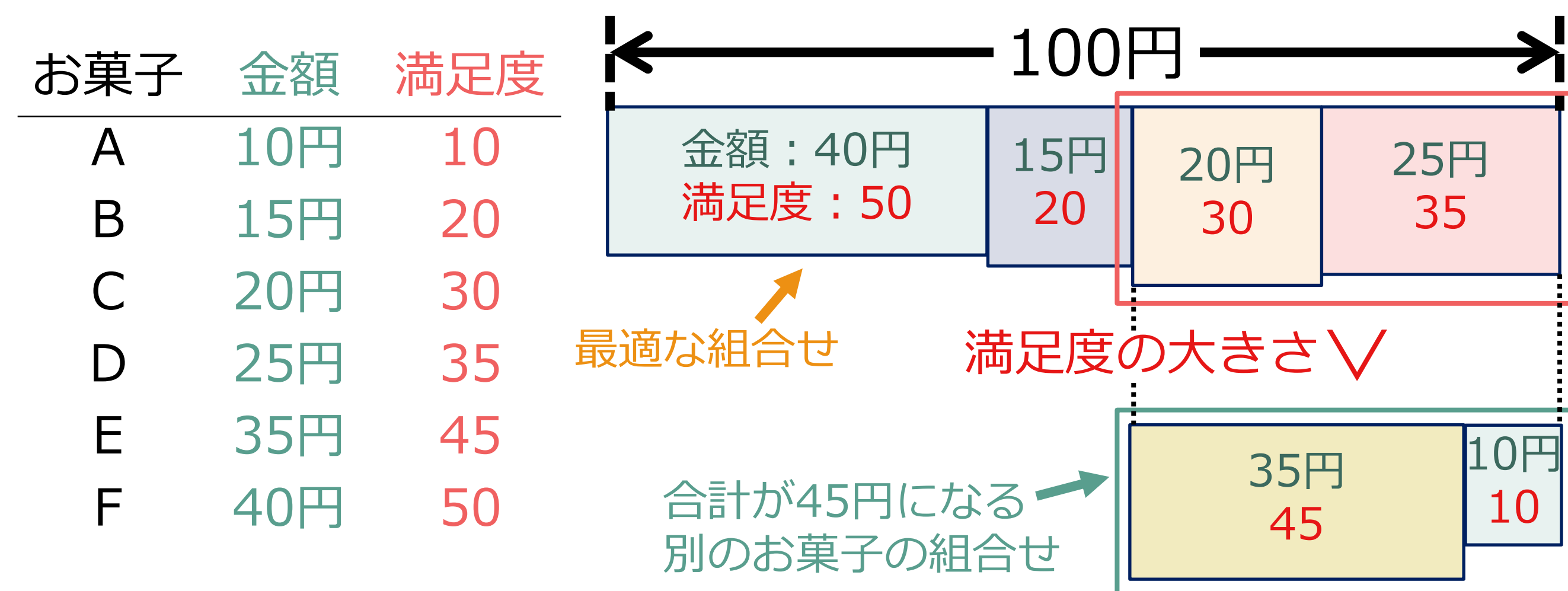
n 種類のお菓子があると買い方が 2^n 通りで
総当たりで調べるのは大変！

動的計画法とは

問題を部分に分け, 少しずつ解く方法

部分的な最適解が全体の最適解の
一部になる場合に有効

例：最適な組合せのお菓子を一部取り出すと,
その部分もその金額以下で最適



最適化問題の例2：演奏と楽譜の対応付け

間違いを含む演奏データの各音が
元の楽譜のどの音符に対応するか？

変数 = 音符の対応付け方, 条件 = 音符の順序は
入れ替わらない, 基準 = 総コスト（間違い量）

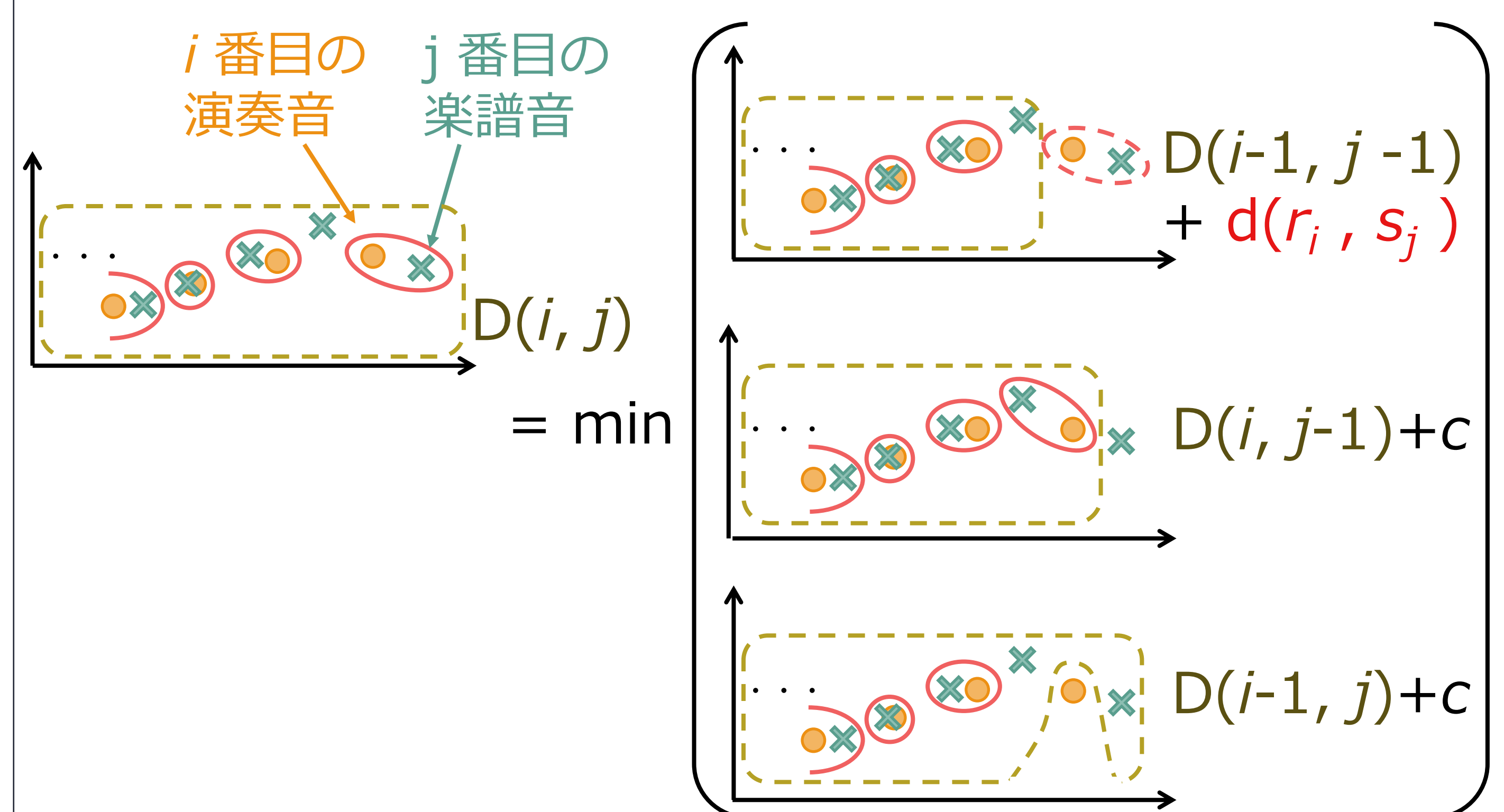
$\{r_1, r_2, \dots, r_m\}$: 演奏された音

$\{s_1, s_2, \dots, s_n\}$: 楽譜上の音

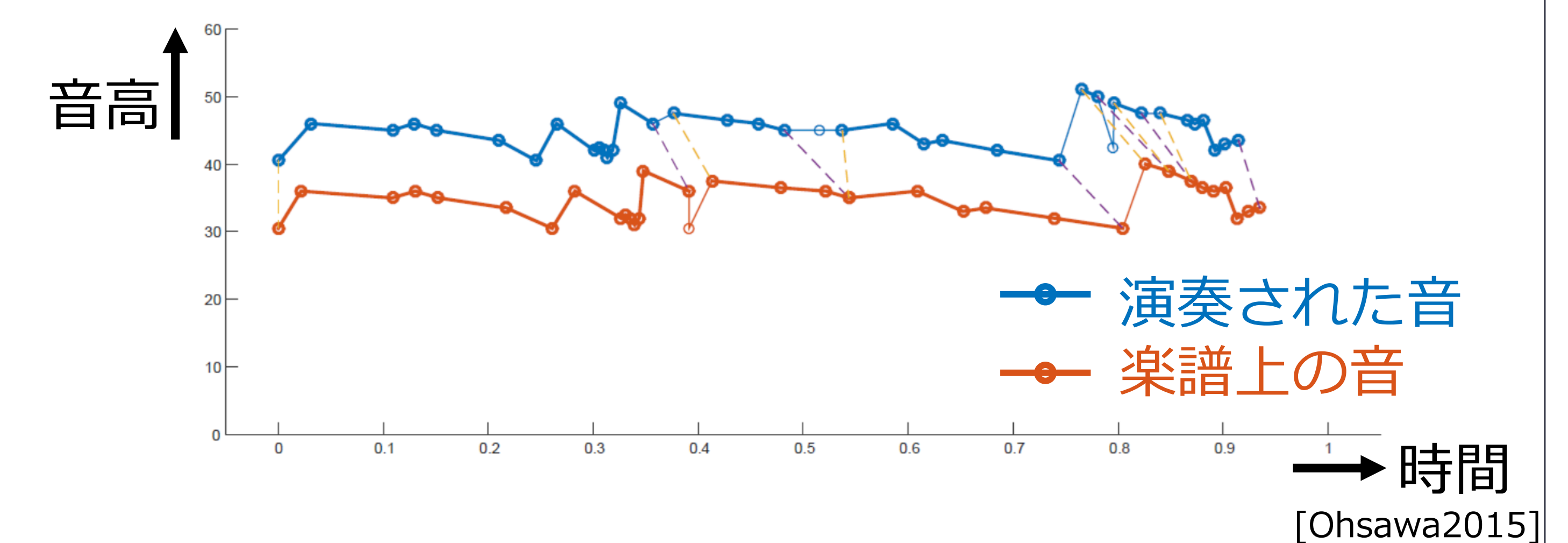
$d(r_i, s_j)$: r_i と s_j が半音単位でいくつ違うか

c : 弾き過ぎ/音飛ばしに対するコスト

$D(i, j)$: i 番目までの演奏音と j 番目までの楽譜
音に対する最適な対応付けのコスト



ピアノ演奏実験データに対する適用例

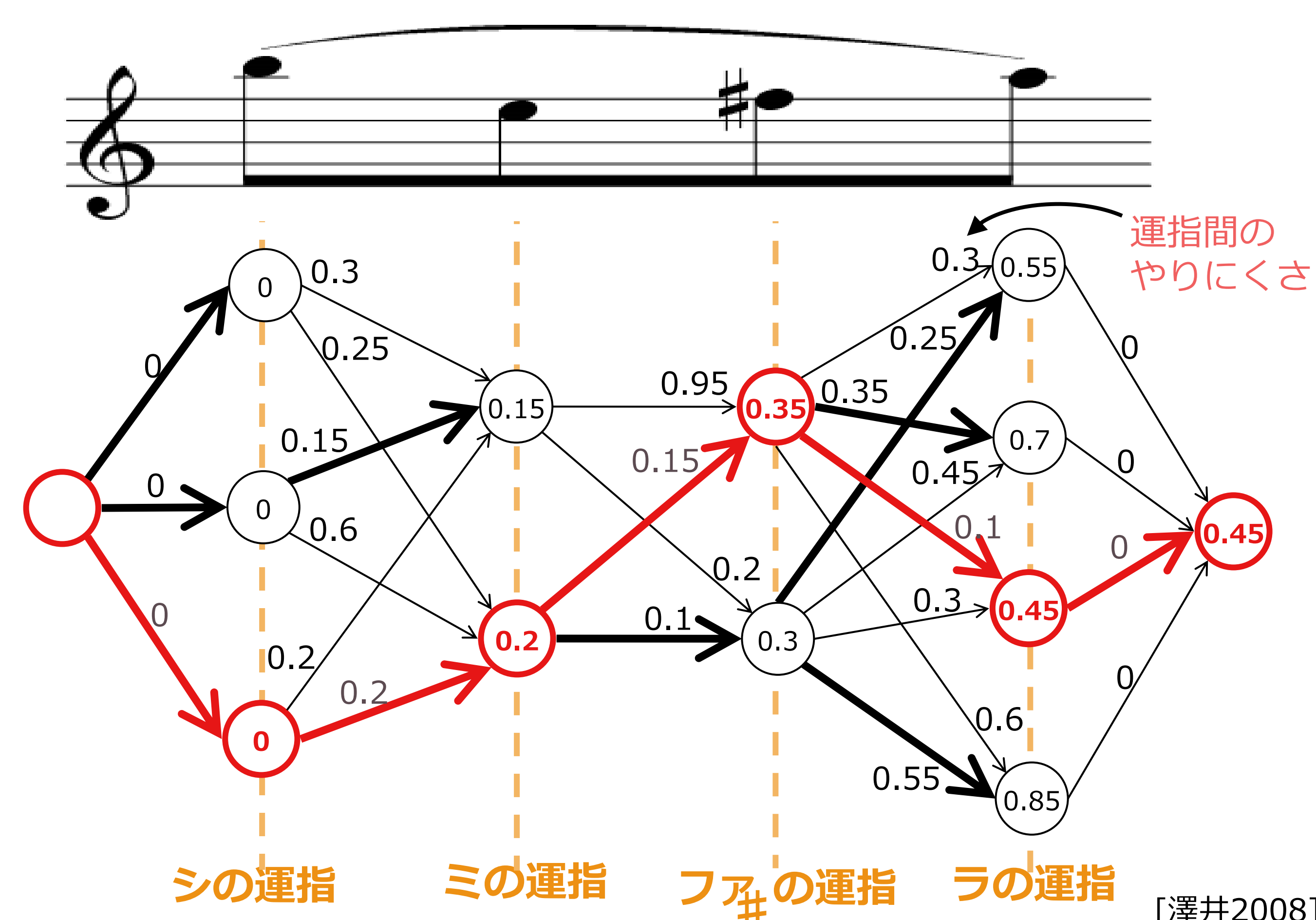


最適化問題の例1：フルートの運指

同じ音に対して複数の運指があるが
どの運指を選ぶべきか？

変数 = 運指の選び方, 条件 = 演奏する旋律,
基準 = やりやすさ

$$\left[\begin{array}{l} \text{ある運指から別の運指} \\ \text{に変えるやりにくさ} \end{array} \right] = 0.15 \times \#(\text{押さえる指}) + 0.1 \times \#(\text{離す指}) + 0.75 \times \#(\text{ずらす指})$$



動的計画法の楽器演奏以外への応用

- ✓ 最短路問題
 - ✓ 乗換案内, ナビゲーションシステム
- ✓ DP マッチング
 - ✓ 音声識別, 自動伴奏追従システム
- ✓ 隠れマルコフモデルに対する, 隠れ状態の遷移パターンの推定 (Viterbi アルゴリズム)
 - ✓ 音声認識
- ✓ グラフィカルモデルに対する確率伝搬法
 - ✓ 通信における情報の復号
- ✓ フィボナッチ数列の効率的な計算
 - ✓ 生物の個体数変動のモデル

参考文献

[澤井2008] 澤井賢一, 黒木裕介, 松井知己, 「フルートの運指最適化と逆最適化によるパラメータチューニング」, 『オペレーションズ・リサーチ』, 53 (1), pp. 39-46, 2008.

[Ohsawa2015] Ohsawa C, Sawai K, Tsuzaki M, "Spatial accuracy in piano performance with and without auditory and visual information",

International Symposium on Performance Science 2015, p. 97, Kyoto, Sep 4, 2015.