

最善手の予測に基づく ゲーム木探索の分散並列実行

金子 知適

東京大学総合文化研究科

GPW2010

概要

目標: 分散環境での並列探索

- 強さの向上
- 応用性: 通信環境, クライアント対応の容易さ

成果:

- 予測精度の実験的な測定
- メモリ共有並列化との対戦による強さの評価
- 「あから 2010」での採用

関連研究

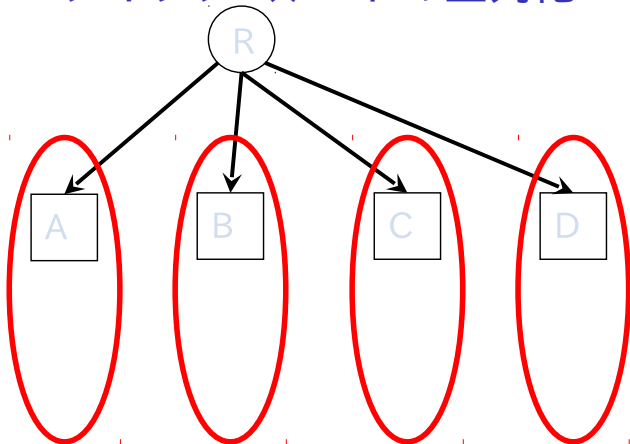
$\alpha\beta$ 探索の並列化:

- 共有メモリ上の並列探索: PVSplit 他
- 分散環境の並列探索
 - ▶ 性能追求: APHID (Brockington1997), TDS (岸本2002) 他
 - ▶ 単純追求: GPS 将棋 (田中ら 2010)

資源の有効利用に関する他の方法:

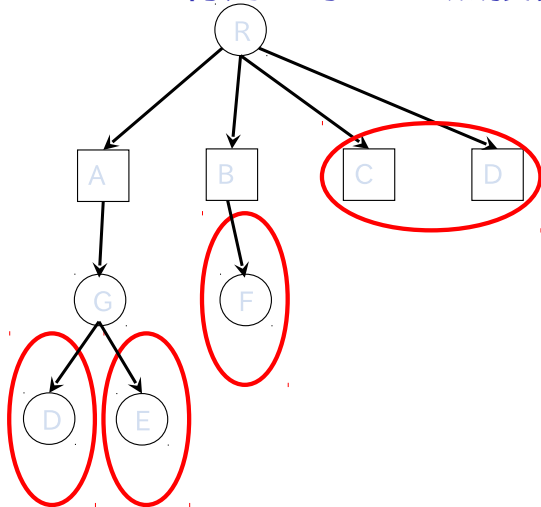
- 合議 (小幡ら 2009)
- MCTS での並列化

アイデア: ルートの並列化



- それぞれの指手を並列に探索
pros. 逐次より悪いことはない
cons. 合法手に応じたゆっくりとした台数効果

アイデア: 有力な手に重点投資



- 有力な手を展開して割当 ↔ 他の手はまとめて
- 予測があたれば深い読み ↔ 外れると浅い読み

提案手法の得失

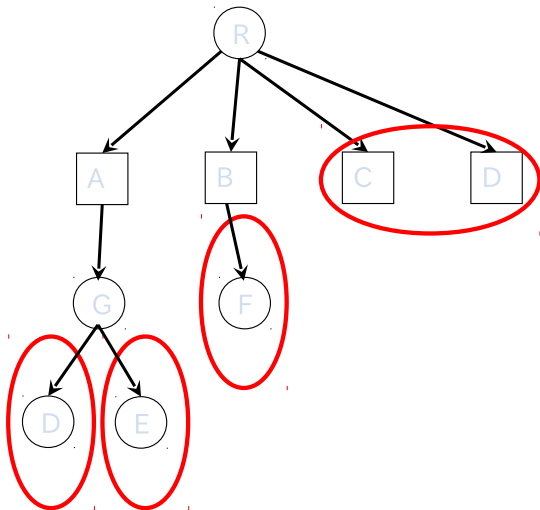
cons.

- α, β ウィンドウ、局面表の非共有
- 標準探索深さという概念の不在

pros.

- スレーブは(ほぼ)そのまま → 短い開発期間
- 一秒に一回程度の通信を想定
- 次善手(以下)の評価値も入手可能

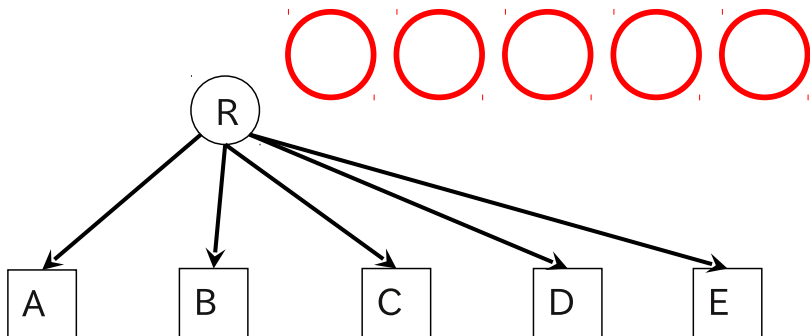
探索木作成とスレーブの割当



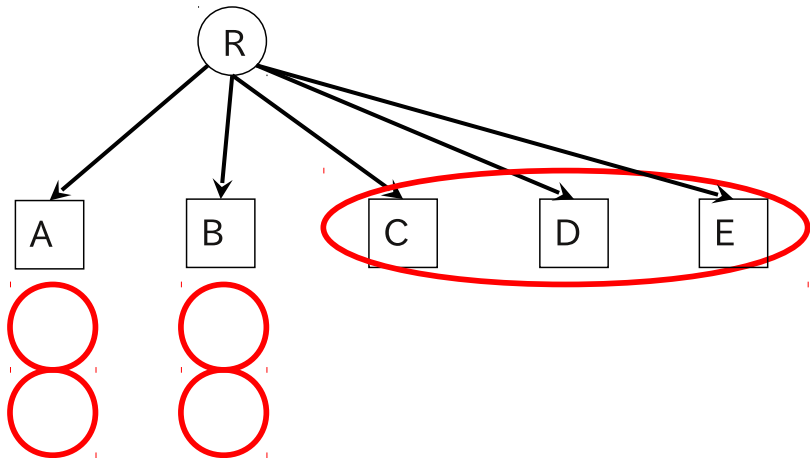
探索木作成とスレーブの割当

```
割り当て (節点  $N$ , スレーブのリスト  $S$ ) {  
  if ( $|S| = 1$ ) return 節点  $N$  にスレーブを割り当て  
  合法手生成  
  if (合法手が1つだけ)  
    return 探索木割り当て (子節点,  $S$ )  
  合法手全体から有力な順に  $n$  個の指手を得る  
  上位  $n$  手を  $(m_1, m_2, \dots, m_n)$ , それ以外を  $M^*$  とする  
  対応する子節点  $(c_1, c_2, \dots, c_n)$  を作成  
  スレーブ  $S$  を分割  $(S_1, S_2, \dots, S_n, S^*)$   
  for  $i$  in  $1 \dots n$   
    探索木割り当て  $(c_i, S_i)$   
  節点  $N$  の  $M^*$  の手を  $S^*$  に割り当て  
}
```

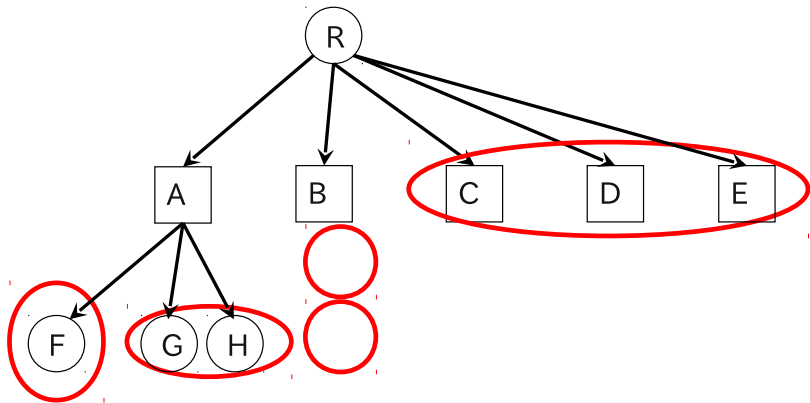

探索木の成長 1/3



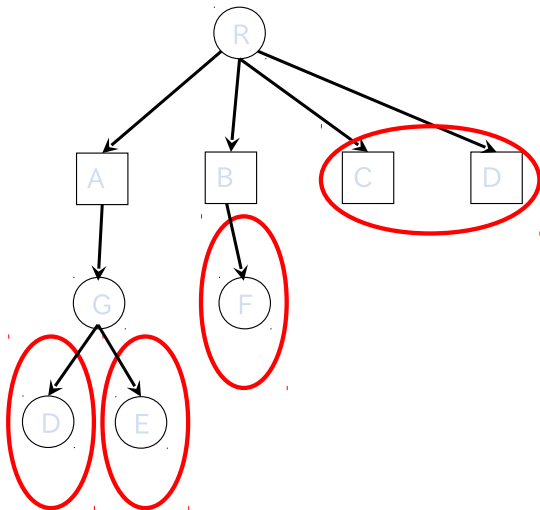
探索木の成長 2/3



探索木の成長 3/3



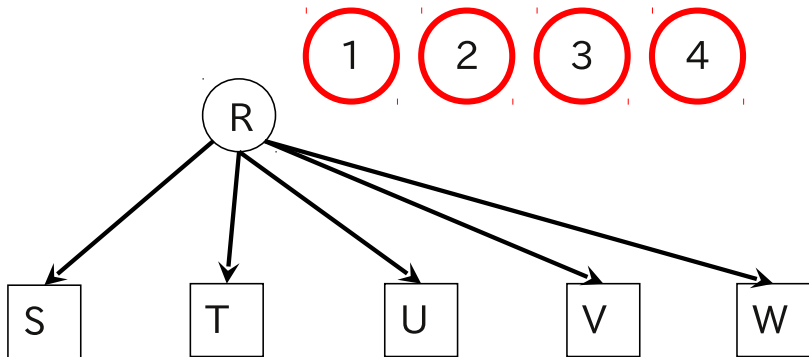
有力な指手の推薦



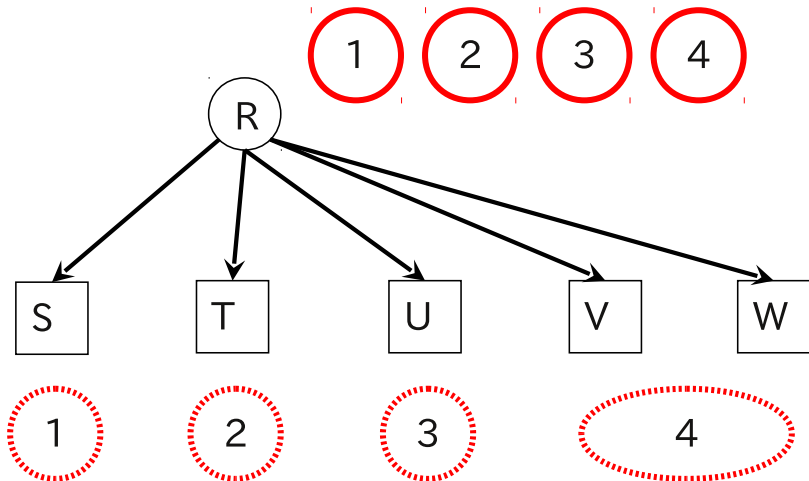
有力な指手の推薦

```
指手の推薦 (合法手の集合  $M$ , スレーブのリスト  $S$ ) {  
  if ( $|M| \leq |S|$ ) {  
    それぞれの節点にスレーブを割り当て  $a$  秒探索  
  } else {  
    合法手を短い時間で有力な順に並び替える  
    上位  $|S| - 1$  手を各スレーブ1つで  $a$  秒探索  
    残りの指手をまとめてスレーブ1つで  $a$  秒探索  
  }  
   $|S|$  個の指手の評価値が求まる  
  有力な順に並び替えて推薦  
}
```

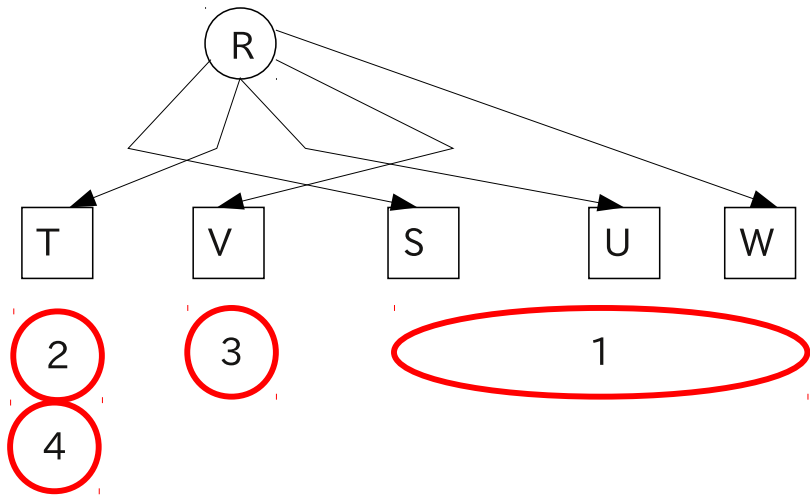
指手の並べ替え例 1/3



指手の並べ替え例 2/3



指手の並べ替え例 3/3



実装の詳細

分割する幅: (この実験では)

- 最大2
- リーフのみ最大3

「短い時間で有力な順に並び替え」:

- 実現確率,
- (Bonanza では静止探索)

a 秒 = 1 秒

実験による評価

評価項目:

- 予測の精度: 正しい手を分割しているか?
 - ▶ 「ラクラク次の一手」問題集の正解手 432 題
 - ▶ GPS 将棋が長時間考えて指した手
 - ▶ 他のプログラムが長時間考えて指した手
- 強いのか?
 - ▶ メモリ共有並列との対戦

評価しなかった項目: 速度向上

予測の精度

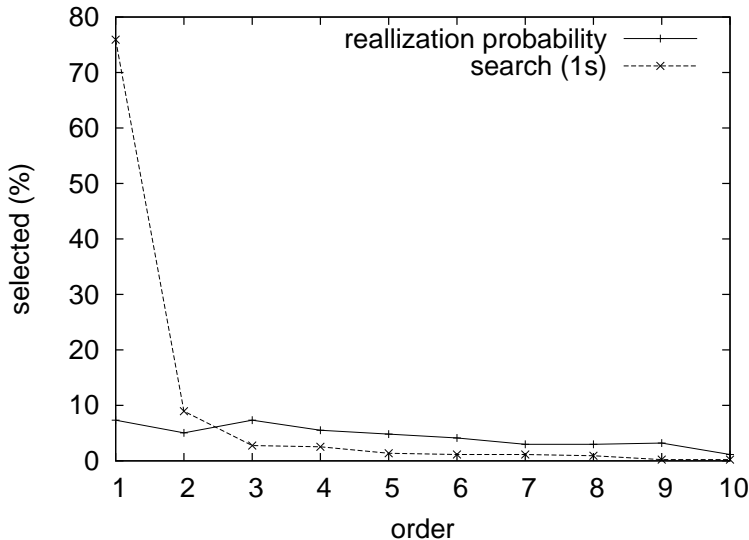
棋譜:

- 「ラクラク次の一手」問題集の正解手 432 題
- GPS 将棋が長時間考えて指した手
- 他のプログラムが長時間考えて指した手

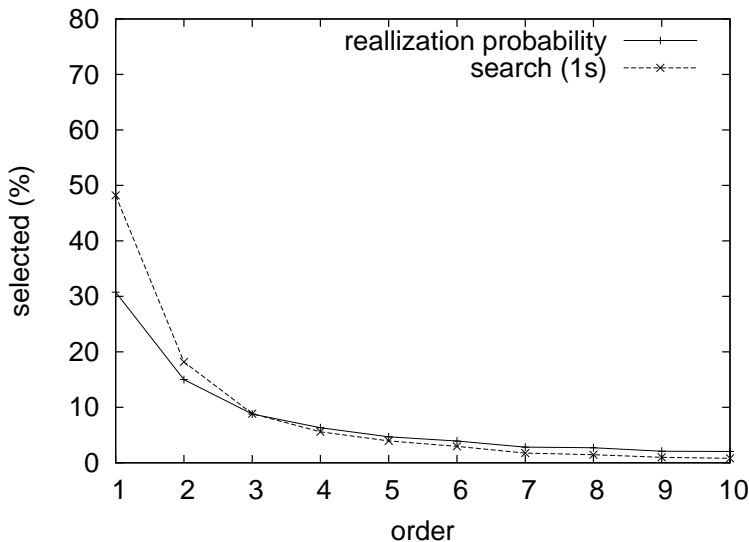
予測秒数: 1, 2, 4s

並列度: 2, 4, 8, 16, 32, 64

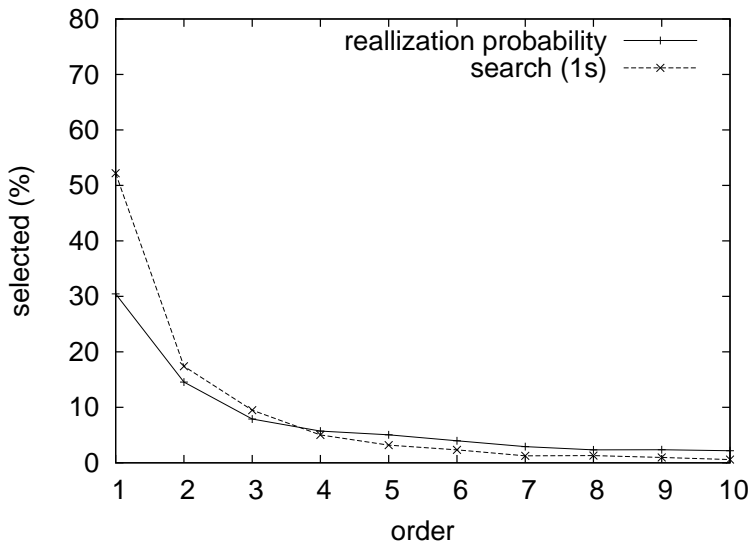
「ラクラク次の一手」問題集の正解手の予測



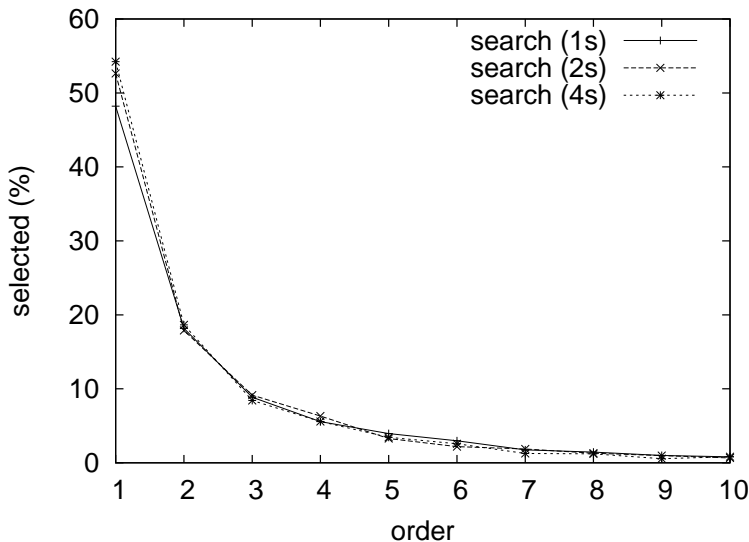
floodgate の棋譜一手の指手予測 (GPS 将棋以外の指手)



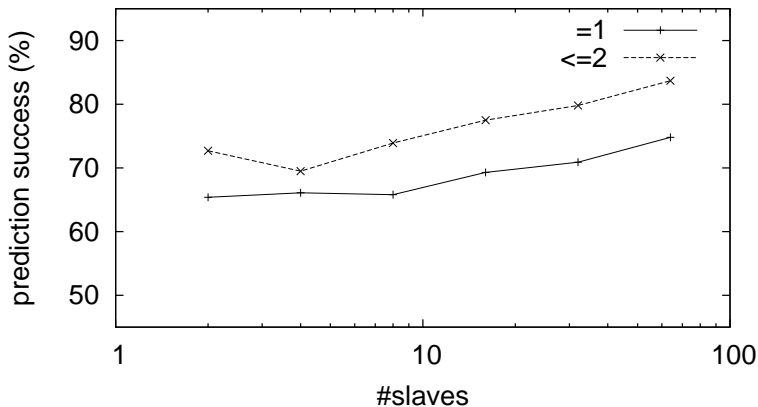
floodgate の棋譜一手の指手予測 (GPS 将棋の指手)



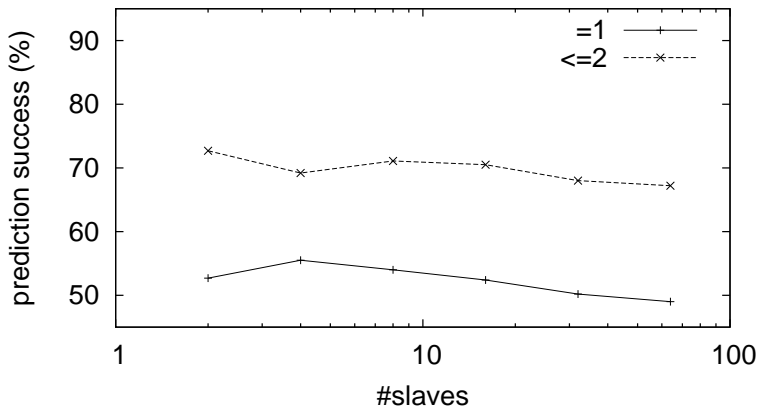
予測探索の秒数を変化させた場合の比較 (floodgate の GPS 将棋以外の指手)



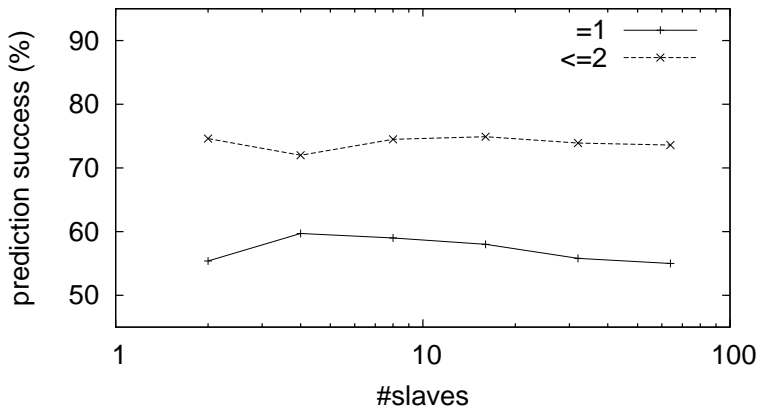
予測探索に参加する **slave** の数と予測成功率 (ラクラク)



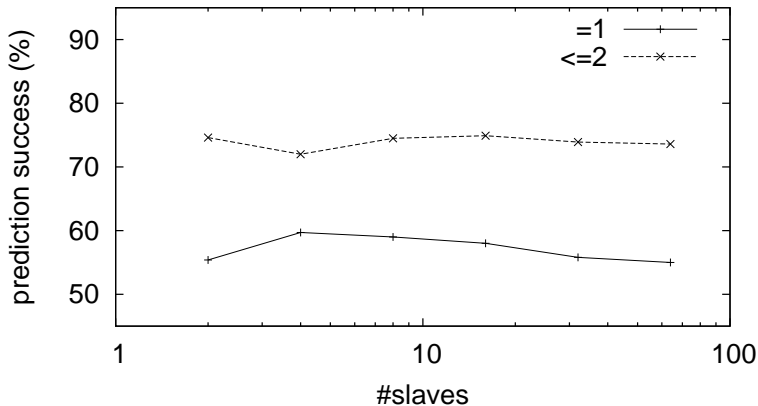
予測探索に参加する slave の数と予測成功率 (floodgate)



予測探索に参加する slave の数と予測成功率 (floodgate, 4s)



予測探索に参加する slave の数と予測成功率 (floodgate, GPS 将棋の指手)



対局実験

環境: CPU Optiron 2376

持ち時間: 一手 15 秒

試合数: 約 100 試合

定跡: ランダム

- ▶ GPS 将棋 – 一部懸念あり
- ▶ Bonanza – 定評あり

対戦結果 (GPS 将棋)

並列度 (分散)	並列度 (メモリ共有)			
	1	2	4	8
8	.72	.65	.46	
16			.67	.55
32				.53

結果:

メモリ共有並列 \approx 分散 *2 ?

対戦結果 (Bonanza)

並列度 (分散)	並列度 (メモリ共有)			
	1	2	4	8
8	.67	.56	.33	
16			.54	

結果: 安定した性能向上

まとめ

- **提案: 最善手の予測に基づく分散並列実行**
 - ▶ 同期 overhead がほぼない
 - ▶ 一秒に一度程度の通信
 - ▶ 簡潔な実装
- **実験結果:**
 - ▶ 予測精度: 1 秒の探索でも実用的
 - ▶ 強さ: 16 並列までは順調に向上