

将棋における Futility Pruning の枝刈り量と適合率の相関

野口拓央[†] 古宮嘉那子^{††} 小谷善行^{††}

[†]東京農工大学大学院 工学府 産業技術専攻 ^{††}東京農工大学大学院 工学研究院

本論文では前向き枝刈り手法 Futility Pruning において、トレード・オフの関係にある枝刈り量と適合率は、現状ではこのうち適合率だけが重視されている。そこで前向き枝刈りの 1 種である Futility Pruning において、どの程度までなら適合率を犠牲にしても枝刈り量が増えることによるメリットが得られるのかを実験した。すると目標となる適合率を 60%まで下げても枝刈り量が増えることによるメリットが得られることが分かった。

Mutual Relations for Futility Pruning in Shogi Between amount of pruning and accuracy

Takuhiro Noguchi[†] Kanako Komiya^{††} Yoshiyuki Kotani^{††}

[†]Department of Master of Technology Management, Tokyo University of Agriculture and Technology

^{††}Tokyo University of Agriculture and Technology Institute of Engineering, Assistant Professor

A general forward pruning has a tradeoff between pruning and accuracy but it currently puts weight on only accuracy. We examined how much the accuracy is sacrificed for the pruning for the Futility Pruning, e.g., one of the forward prunings. The experiments showed that the pruning is free of untoward effects when the accuracy is 60%.

1. はじめに

コンピュータ将棋では探索を効率化するためにさまざまな探索手法が使用されている。この中でも現在、研究がさかんなのは枝刈り量があるかわりに、重要な局面を間違えて枝刈りしてしまうリスクがある前向き枝刈りである。Futility Pruning(FP)はその前向き枝刈りの一つで全幅探索を採用した bonanza が使用したことで有名になった手法である。しかし、前向き枝刈りは精度を上げると今度は枝刈り量が減ってしまうというトレード・オフの関係にある。そこで本研究ではどこまで

なら適合率を下げても枝刈り量が増えるメリットが得られるのかを探すことにした。

2. 関連研究

2.1 Futility Pruning について

本研究で扱う FP は探索打ち切り深さの 1 つ前の局面の評価値から深さによる誤差のマージンを含めたものを判断基準に枝刈りを行う手法である。この探索打ち切り深さが 2 つ以上前になると、Extended Futility Pruning とよばれる。FP がどのように動くかのゲーム木を下図に示す。このゲーム木では Min-Max 法に従って、7 と 5 の中から相手に

とって都合の良い手である 5 が選択されている。

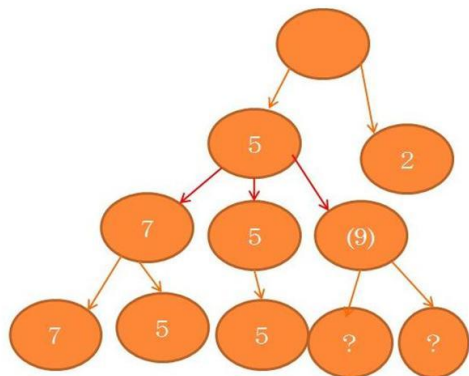


図1 ゲーム木を用いたFPの説明

そこでFPを行い、探索打ち切り深さの1つ前のノードを見ると9であることが分かった。現在のβ値は5だが、この9を1つ探索した先のノードに5以上のノードがある可能性が少ないとして枝刈りを行うのがFPの基本的な考えである。この9と実際の評価値との違いを吸収するための数値がマージンである。実際のFPでは、

$$\beta \text{ 値} \leq 1 \text{ つ前のノードの評価値} - \text{マージン}$$

の条件を満たした場合、枝刈りされる。

2.2 FPの関連研究

FPのマージンの最適な値は局面ごとに違う¹⁾ことが知られている。そこで動的にマージンを決定する研究が行われた¹⁾。その研究ではマージンごとに探索結果を教師値としてある基準を満たしたマージンを採用する手法が使われている。そこでは適合率はできる限り高くしようとしていたが、私はどこまでならば適合率を犠牲にして枝刈り量を増加させたほうが強くなるのではないかと考えた。

3. 適合率を使ったマージンの決定手法

3.1 本研究で行ったこと

本研究では研究¹⁾で使われた動的マージン決定の手法をベースに適合率の指標として、適合率という指標を採用してマージン決定を行った。そして目標とする目標適合率を変動させることでマージンの適合率を変更することで枝刈り量と適合率のバランスを変更して枝刈り量と適合率の均衡点を探すことにした。

3.2 目標となる適合率とマージン決定手法

本論文における適合率の定義は以下の式である。

$$1 - \frac{\text{CountFail}(n)}{\text{CountAll}(n)} \quad (1)$$

(1)式のCountAll(n)はマージンnにおける枝刈り試行回数である。FPが行われる深さにおいて、もしマージンがnであったらそのノードがカットされていた場合その回数を記録し、そのままノードをカットせずに探索を続ける。

(1)式のCountFail(n)はマージンnにおける枝刈り失敗回数である。この失敗回数を全体の回数で割って求めた失敗率を1から引いたものが適合率となる。

そして、このCountAll(n)が対局を通して500回を超えた時にあるマージンの適合率が目標適合率を超えていたマージンが採用される。

4. 枝刈り量と精度のバランスの実験

枝刈り量を増やすためにどこまでなら適合率を犠牲にしてもよいのかを調べるために3つの実験を行った。実験は将棋プログラムの「まったりゆーちゃん」で行った。

4.1 マージンごとの適合率について

100局の対局を行い、マージンごとの適合率を

調査した。本実験ではマージンを最後まで決定せずにマージンの適合率が最終的にどのような値になったかを100局の対局を行って調査した。その平均は図2のようになった。

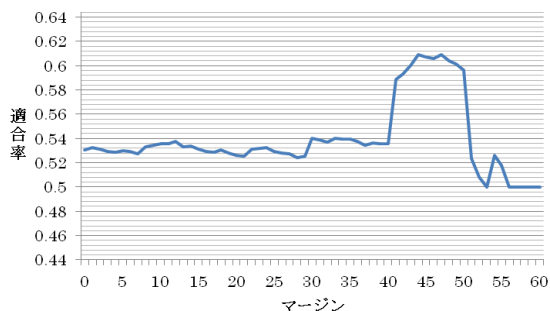


図2 マージンごとの適合率

図2では適合率がほぼ横ばいになってしまい適合率ごとの差が見られないことがわかった。これは1局ごとのマージンごとの適合率の分散の方がマージンごとの適合率よりも大きかったことが原因だと思われる。また、まったくゆうちゃんでは歩1枚が20なので歩が2枚分以上のマージンをとると適合率が急上昇することが分かり、もとのマージンであった50が理にかなったものであることがわかる。

4.2 マージンごとの枝刈り量について

さきと同じ条件でマージンごと枝刈り量を調査した。本実験ではマージンを最後まで決定せずにマージンごとの枝刈り試行回数が最終的にどのような値になったかを100局の対局を行って調査した。するとその平均は図3のようになった。

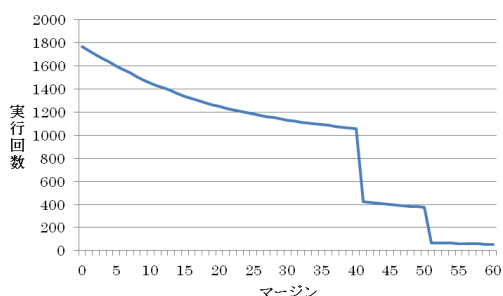


図3 マージンごとの枝刈り試行回数

この図では40まではゆるやかに減少しているのに40を超えると急に減少していることがわかる。この40を超えると図2では適合率が格段に上昇していることが分かるためにこの40以降の枝刈りが確実性の高い枝刈りであることがわかる。また40と50では枝刈り量に差がないこともわかる。

4.3 最適な目標適合率について

目標適合率を40%~70%の間で変動させて、マージンを50で固定した自分自身と1手5秒で先手と後手を入れ替えて300局、対局させた。すると以下のような結果となった。

表1 目標適合率ごとの勝敗

目標適合率	勝敗	勝率
40%	108-177-15	39%
50%	115-175-10	40%
55%	107-178-15	38%
60%	144-141-15	51%
65%	127-167-5	43%
70%	127-159-14	45%

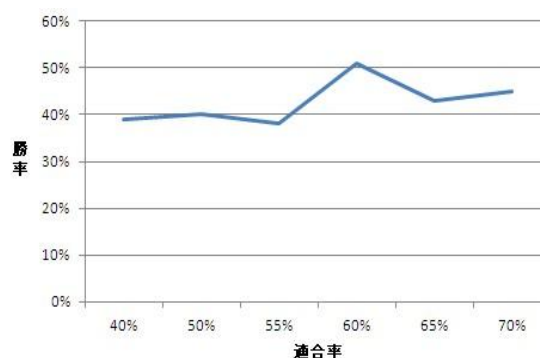


図4 目標適合率ごとの勝率の推移

目標適合率の中で最も勝率が良かったのが、目標適合率が60%の時である。これは144-141-6で有意に勝ち越すことができなかった。これはマージンの値はこちらのほうがよかったものの、マージン決定のオーバーヘッドが原因で結果的には同程度になってしまったものと思われる。そこ

から、目標適合率が 65%となると、127-167-15 となって弱くなった。これは適合率を重視しすぎて、マージン決定のオーバーヘッドが枝刈り量で得られるメリットよりも下回ってしまったと考える。逆に目標適合率が 55%になると、107-178-15 となってこちらも 60%の時よりも弱くなってしまふ。ここから 60%以上の目標適合率がないと重要な枝を刈ってしまいむしろ弱くなるのがわかる。この結果から適合率が 60%になるまでは枝刈り量を優先してもよいと考えた。

5. オーバーヘッドの考察

本実験では動的なマージン決定法を採用することで従来の手法と比較してどれくらいオーバーヘッドがあったかを考察する。この手法の場合、最後までマージンが決定しないと適合率を調査するコストが枝刈りによって回収できていないためにオーバーヘッドとなってしまう。また適合率を調査している間も枝刈り量が減ってしまうためにオーバーヘッドとなってしまう。

そこで前と同じ条件で 100 局の対戦データからオーバーヘッドになりそうな要素を取得した。

取得した要素は

- ・マージンが終局までに決定した回数
- ・マージン決定までの平均手数
- ・目標適合率が 60 の場合の実際に枝刈り回数
- ・マージンが 50 固定の時の枝刈り回数となる。

するとマージンが終局までに決定した回数は 77 回で 100 回のうち 23 回は通常の FP よりも弱いことが分かった。

平均決定手数は 50.9 手となった。将棋は平均終了手数が 100 手くらいなのでちょうど真ん中くらいでマージンを決定できていることになる。

枝刈り回数であるが固定値の平均枝刈り回数が 438.8 回なのに対して動的マージンを用いると

平均枝刈り回数がマージンの決定した 77 回のものだと 987.2 回、決定しなかった試合を含めたものでも 768.4 回となった。これは途中から決定することで減少する枝刈り量よりも動的マージンを用いることで固定値では危険な枝刈りだと考えられている部分でも安全な枝刈りができるメリットの方が多いと考えられる。

したがって、この手法で問題とされるオーバーヘッドはマージンが対局の中で最後まで決定しないことであると分かった。もしこのオーバーヘッドがされたなら適合率を 60%にすれば勝ち越せるだろう。

6. 参考文献

1)伊藤 裕,橋本 剛,橋本 隼一,A Dynamic Margin for Futility Pruning,The12th Game Programing Workshop inJapan pp.1-7,2007

2)竹内聖悟,金子知適,山口和紀,情報量に基づく探索制御手法- チェスにおける Singular Extension への応用-, The12th Game Programing Workshop inJapan , pp.52-59, 2007

3) 保木邦仁, “コンピュータ将棋における全幅探索とFutility Pruning の応用”, 情報処理学会誌, Vol. 47 No. 8, pp. 884-892, 2006.

4)山本一成, 田浦 健次朗,近山 隆,学習を用いた枝刈りの新手法の提案,情報処理学会第 72 回全国大会 pp."2-159"- "2-160", 2010-03-08

5)柴原一友,以下共著,将棋への ProbCut の適用における性質,情報処理学会第 64 回全国大会 pp."2-263"- "2-264",2002-03-12