

# Quality Diversity Algorithmベンチマークの性能評価

荒井泰帆 (指導教員:オベル加藤ナタナエル)

## 1,はじめに

本研究ではComparing Continuous Optimizer platform(以下coco)を用いてQuality Diversity Algorithm(以下qdアルゴリズム)を評価する。この研究は新たな標準的なqdアルゴリズムのベンチマーク開発することを最終的な目標とする。

## 2,先行研究

qdアルゴリズムとは与えられた問題に対して多様で高品質な解を生成するための最適化アルゴリズムの一種であり、進化計算、機械学習、最適化などで使われる。

qdアルゴリズムの特徴は従来の最適化アルゴリズムとは異なる特徴をもっている。

特徴の一つ目は最適解を見つけることよりも、多様な高性能な解の集合を提供することに焦点をあてていることだ。これによりユーザーは自身の知識や目的に基づいて最も興味深い解を選択できる。また問題空間全体を効果的に探索し、局所最適解に陥るリスクを軽減することができる。

さらに、qdアルゴリズムは解のふるまいを記述する"行動記述子空間"を重視している。行動記述子空間は、解の多様性をとらえるために重要でありアルゴリズムの収束を促進する。またqdアルゴリズムは解の集合を断続的に拡張し改善することで、多様性と性能の両方を向上させることができる。

しかし現在のqdアルゴリズムのベンチマークは限られていることが問題となっている。先行研究では標準化されたベンチマークの必要性について説き実際にそのようなベンチマークを作成しようと試みた論文がある。この論文ではqdアルゴリズムの3つの課題に焦点をあてて、それぞれの課題に対応するベンチマークが提案された。

・行動メトリックのバイアス(Behavior Metric Bias) 行動空間の構造に一致しないメトリッ

クの使用によって生じるバイアスに対処するためのベンチマーク

・行動プラトー(Behavioral Plateaus) 異なる特性を持つ行動プラトーに対処し、それから脱出するための適応型QDアルゴリズムを必要とするベンチマーク

・進化の罠(Evolvability Traps) 遺伝子型のわずかな変化が大きな行動変化をもたらす進化の罠に対処するためのベンチマーク

この研究では今後新たな課題についても特定され、それに対処するための新たなベンチマークが提案されることが期待されている。本研究では新たなベンチマークを最終的に提案することを目標に、今回は既存のベンチマークをcocoに導入してその結果を比較する。

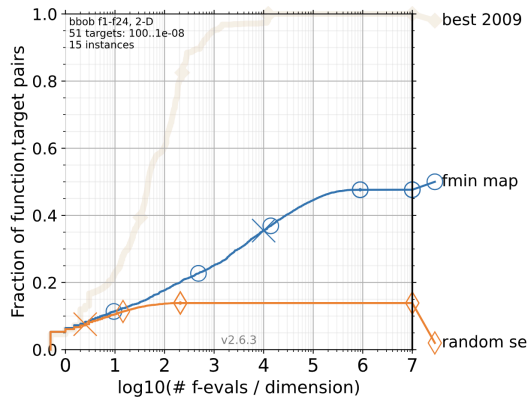
最後に今回使用するcocoについて説明する。

cocoプラットフォームは数値最適化アルゴリズムのベンチマークを行うためのオープンソースプラットフォームである。最適化アルゴリズムの性能を客観的に評価し比較するためのツールとして使用される。

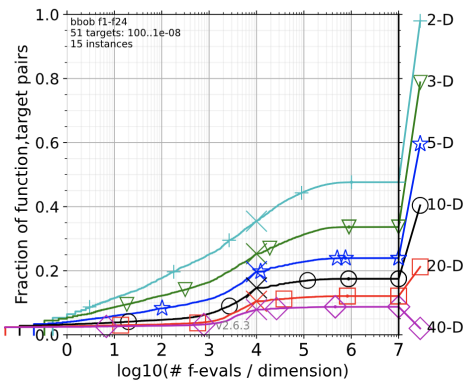
多様なベンチマーク関数や実験設定を提供し、ユーザーが自身の最適化アルゴリズムを評価するための環境を提供する。

## 3,実験

今回はqdアルゴリズムの一つMAP-Elites\*1をcocoプラットフォームに導入し比較した。



Runtime distributions (ECDFs) over all targets



(上図: 経過時間(横軸)に対する問題の完成度(縦軸)

それぞれランダムサーチ(オレンジ),cocoでの最も効率的なベンチマーク best2009(薄黄))

(下図:Map-Elitesでの実行について次元ごとに結果をまとめている)

Map-Elitesを用いても時間内に1.0までに到達せず、cocoにとって効率的なベンチマークでないことが示されている。局所的には問題を解決できる事例が散見されるが全体としては解決できない事例が多い。これはMap-Elitesがグリッドの中を網羅的に探索するアルゴリズムであり、best2009で示されている効率的なアルゴリズムと比べると非効率的な探索になることが挙げられる。

#### 4,まとめ今後の展望

今回は最適化アルゴリズムの評価ツール cocoを用いてqdアルゴリズムの既存のベンチマークの結果を追った。今回の実験では追っていないが、探索の多様性に重点をおいて計測することでqdアルゴリズムのベン

チマークの性能をより正確に測ることができると予想する。上記を重要視した上で、ランダムサーチやさらにqdスコアに注目して比較することができるような環境を整えることが今後の課題だ。

#### 5,注釈

\*1 Map-Elitesは進化アルゴリズム,qdアルゴリズムの一種であり高性能な解の分布を探索空間全体で網羅的にマッピングすることを可能にするアルゴリズム

#### 6,参考文献

Konstantinos Chatzilygeroudis, Antoine Cully, Vassilis Vassiliades, Jean-Baptiste Mouret,Quality-Diversity Optimization: a novel branch of stochastic optimization,CoRR,2020

Achkan Salehi, Stephane Doncieux,Towards QD-suite: developing a set of benchmarks for Quality-Diversity algorithms, 2022

Nikolaus Hansen , Anne Auger , Raymond Ros , Olaf Mersmann , Tea Tusar, and Dimo Brockhoff, COCO: A Platform for Comparing Continuous Optimizers in a Black-Box Setting, ,Optimization Methods and Software,2020

Jean-Baptiste Mouret and Jeff Clune, Illuminating search spaces by mapping elites CoRR ,2015