

平成 30 年 5 月 17 日現在

機関番号：14501

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K00077

研究課題名(和文) CPU・GPU・ASIC同時開発のためのモデルベース画像処理設計ツールの構築

研究課題名(英文) Model based design tool of image processing algorithms for CPU, GPU, and ASIC.

研究代表者

黒木 修隆 (Kuroki, Nobutaka)

神戸大学・工学研究科・准教授

研究者番号：90273763

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：近年はスマートフォン、4K/8Kテレビ、デジタルカメラ等の開発において、画像処理回路の搭載は不可欠となっている。本プロジェクトは、そのような回路の設計を支援するツールとして“CVBuilder”を開発し、インターネット上で無償公開した。“CVBuilder”を用いれば、所望のアルゴリズムをグラフィカルに記述するだけで、OpenCVのソースコードを自動生成することが可能である。生成されたコードはCPUまたはGPU上で即実行可能であるため、開発効率が大きく改善される。“CVBuilder”は画像処理技術者にとって非常に有用であるのみならず、将来の画像処理研究者を目指す学生の教育にも利用可能である。

研究成果の概要(英文)：Recently, image processing circuits are very important in smart phones, 4K/8K televisions, digital cameras, etc. In this project, we have developed a CAD tool "CVBuilder" and released it on the Internet. The CVBuilder can generate OpenCV codes from simple descriptions of image processing algorithms automatically. Those codes are executable on CPU or GPU immediately. Thus we can easily develop image processing circuits. CVBuilder is very useful for not only developers, but also students learning image processing technologies.

研究分野：情報通信工学

キーワード：画像処理 回路設計 CAD OpenCV 自動合成

### 1. 研究開始当初の背景

近年の情報家電製品、例えばスマートフォン、4K/8K テレビ、デジタルカメラ、ドライブレコーダ、監視カメラ等には、ほぼ全てに画像処理回路が搭載されていると言っても過言ではない。その製造にあたっては、国際的な競争が激しく、品質のみならず、開発スピードが重要視されている。日本が国際的な競争力を持つためには、大学や研究所が持つ優秀な理論・技術を短期間で製品に実装する能力が必要である。

### 2. 研究の目的

本プロジェクトは、画像処理のためのハードウェア/ソフトウェア/GPU の3つを同時に開発可能な自動合成ツール“CVBuilder”の構築を目標として実施された。これにより、画像処理回路の生産性を飛躍的に改善できると考える。

### 3. 研究の方法

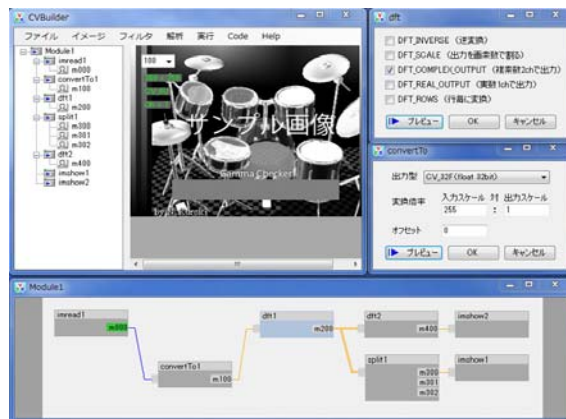
本研究では画像処理アルゴリズムの簡単な記述から OpenCV 用の C++ ソースコードを自動生成するソフトウェアを構築する。OpenCV とは、世界的に普及している画像処理ライブラリであり、CPU や GPU に対応していることから、このソースコードを自動生成することは開発効率の大きな改善につながると考えた。インターフェースについては、PC 上の簡単なマウス操作によってアルゴリズムを構築できるように、モデルベース設計手法を取り入れた。これらの機能を持つ CAD ツール“CVBuilder”を3年間で完成させた。これによって産業界および画像処理の研究分野の発展に貢献できると考える。

### 4. 研究成果

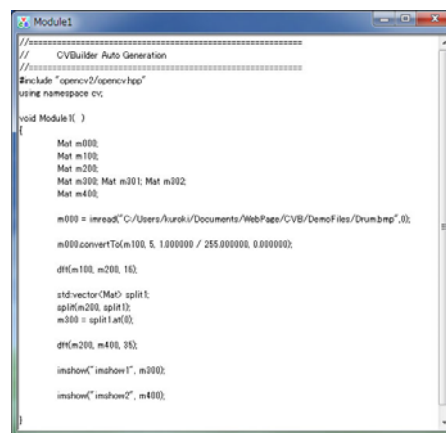
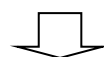
本プロジェクトでは、画像処理アルゴリズム設計ツール“CVBuilder”を開発し、無償でインターネット上に公開した。このツールによる設計の様子を図1に示す。

設計者は図1(a)のようにPC上でマウスを用いた簡単な操作によって画像処理アルゴリズムを記述する。次にメニューから“OpenCVコード生成”を選ぶことにより、(b)のようなC++言語のコードを自動生成することができる。これを(c)のようにMicrosoft社のコンパイラ Visual Studio に通すことにより、CPU または GPU で動作する画像処理プログラムを構築することができる。

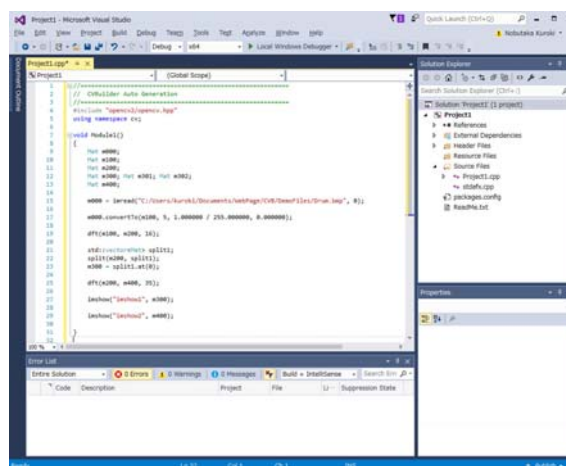
“CVBuilder”は製品開発において非常に有用であるのみならず、画像処理アルゴリズムの研究にも有用である。さらに、将来の画像処理技術者を目指す学生の教育にも利用可能である。今後もインターネットを通じて設計例を公開・充実させて行く予定である。



(a) モデル設計ウインドウ



(b) 自動生成された OpenCV 対応コード



(c) Visual C++によるコンパイル

図1 完成した画像処理 CAD ツール“CVBuilder”  
 (<http://cas.eeddept.kobe-u.ac.jp/WelcomeES1/OpenSoft/CVB/>にて一般公開中)

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 6 件)

- ① 加藤 裕, 大谷真也, 黒木修隆, 廣瀬哲也, 沼 昌宏, “水平・垂直畳み込みニューラルネットワークを用いた超解像”, 電気学会論文誌 C (電子・情報・システム部門誌), vol. 138, no. 7, 2018. (採録決定)
- ② 多谷邦彦, 竹田直人, 小林 正, 尾崎吉明, 黒木修隆, “ブロックノイズ解析と Double JPEG 解析に基づく改ざん JPEG 画像の検出”, 電気学会論文誌 C, vol. 137, no. 5, pp. 742-749, May 2017.
- ③ S. Ohtani, Y. Kato, N. Kuroki, T. Hirose, and M. Numa, “Multi-Channel Convolutional Neural Networks for Image Super-Resolution,” IEICE Transactions on Information and Systems, E100-A No. 2, pp. 572-580, Feb. 2017.
- ④ 加藤 裕, 大谷真也, 黒木修隆, 廣瀬哲也, 沼 昌宏, “4 出力の畳み込みニューラルネットワークを用いた超解像”, 第 15 回情報科学技術フォーラム (FIT2016) 講演論文集 RI-005 (査読あり), 2016 年 9 月.
- ⑤ Y. Kato, N. Kuroki, T. Hirose, and M. Numa, “Locally Weighted Averaging for Denoising of Medical Tomographic Images,” Journal of Signal Processing, pp. 217-220, July 2016.
- ⑥ 大谷真也, 加藤 裕, 黒木修隆, 廣瀬哲也, 沼 昌宏, “4 並列の畳み込みニューラルネットワークを用いた超解像”, 電子情報通信学会論文誌, vol. J99-D, no. 5, pp. 588-593, May 2016.

[国際会議] (計 12 件)

- ① A. Takezaki, S. Ohmura, N. Katayama, T. Hirose, N. Kuroki, and M. Numa, “An error diagnosis technique based on unsatisfiable cores to extract error locations sets,” The 21st Workshop on Synthesis And System Integration of Mixed Information Technologies (SASIMI 2018), Mar. 2018.
- ② Y. Yamaguchi, N. Kuroki, T. Hirose, and M. Numa, “A study on point cloud registration with SIFT features,” 2017 RISP International Workshop on Nonlinear Circuits, Communications and Signal Processing (NCSP 2017), 3AM2-3-5, Mar. 2017.
- ③ Y. Arashi, N. Kuroki, T. Hirose, and M. Numa, “Segmentation and Colorization of Grayscale Image using Convolutional Neural Network,” 2017

RISP International Workshop on Nonlinear Circuits, Communications and Signal Processing (NCSP 2017), 1PM2-3-3, Mar. 2017.

- ④ H. Nohara, N. Kuroki, T. Hirose, and M. Numa, “Restoring defocus images with Wiener filter and convolutional neural network,” 2017 RISP International Workshop on Nonlinear Circuits, Communications and Signal Processing (NCSP 2017), 1AM2-1-4, Mar. 2017.
- ⑤ A. Takezaki, T. Sawai, T. Hirose, N. Kuroki, and M. Numa, “An error diagnosis technique based on averaged EPI values to extract error locations sets,” The 20th Workshop on Synthesis and System Integration of Mixed Information Technologies (SASIMI 2016), pp. 317-322, Oct. 2016.
- ⑥ T. Sawai, A. Takezaki, T. Hirose, N. Kuroki, and M. Numa, “On component ratio of RECON spare cells for ECO-Friendly design style,” The 20th Workshop on Synthesis and System Integration of Mixed Information Technologies (SASIMI 2016), pp. 205-210, Oct. 2016.
- ⑦ D. Murata, A. Kiriya, T. Hirose, N. Kuroki, and M. Numa, “A Hardware Architecture to Perform K-means Clustering for Learning-Based Super-Resolution Combining Self-Learning and Prior-Learning Dictionaries,” The 20th Workshop on Synthesis And System Integration of Mixed Information Technologies (SASIMI 2016), pp. 268-273, Oct. 2016.
- ⑧ Y. Kato, S. Ohtani, N. Kuroki, T. Hirose, M. Numa, “Image Super-Resolution with Multi-Channel Convolutional Neural Networks,” 14th IEEE International NEWCAS conference, M-2, pp. 1-4, Vancouver, Canada, Jun. 26-29, 2016.
- ⑨ R. Hanaki, N. Kuroki, T. Hirose, and M. Numa, “Crack extraction from noisy images with fractal dimension analysis,” 2016 RISP International Workshop on Nonlinear Circuits, Communications and Signal Processing (NCSP 2016), 8PM1-1-5, Mar. 2016.
- ⑩ T. Sugimoto, N. Kuroki, T. Hirose, and M. Numa, “Anomalous behavior detection in videos based on deformable part models,” 2016 RISP International Workshop on Nonlinear Circuits, Communications and Signal Processing (NCSP 2016), 8PM1-1-4, Mar. 2016.

- ⑪ H. Kobori, N. Kuroki, T. Hirose, and M. Numa, "Three dimensional NL-Means method for denoising continuous shooting photography," 2016 RISP International Workshop on Nonlinear Circuits, Communications and Signal Processing (NCSP 2016), 9AM1-1-2, Mar. 2016.
- ⑫ Y. Kato, N. Kuroki, T. Hirose, and M. Numa, "Noise reduction for medical tomographic images based on locally weighted averaging," 2016 RISP International Workshop on Nonlinear Circuits, Communications and Signal Processing (NCSP 2016), 9AM1-1-1, Mar. 2016.

[学会発表] (計 13 件)

- ① 三浦大輝, 黒木修隆, 廣瀬哲也, 沼 昌宏, "畳み込みニューラルネットワークを用いた赤外線画像のカラー化", 第 16 回情報科学技術フォーラム (FIT2017), H-025, 2017 年 9 月.
- ② 岡田大幹, 黒木修隆, 廣瀬哲也, 沼 昌宏, "畳み込みニューラルネットワークと生成型学習法を用いたコンクリートのひび割れ抽出", 第 16 回情報科学技術フォーラム (FIT2017), H-012, 2017 年 9 月.
- ③ 多谷邦彦, 黒木修隆, 竹田直人, 小林 正, 宿院康昭, "畳み込みニューラルネットワークを用いた改ざん JPEG 画像の検出", 第 16 回情報科学技術フォーラム (FIT2017), CH-013, 2017 年 9 月.
- ④ 野原 広志, 黒木修隆, 廣瀬哲也, 沼 昌宏, "ぶれ画像復元のための PSF 推定に関する研究", 第 15 回情報科学技術フォーラム (FIT2016), I-042, 2016 年 9 月.
- ⑤ 山口 裕大, 黒木修隆, 廣瀬哲也, 沼 昌宏, "SIFT 特徴点を用いた Point Cloud の位置合わせ手法に関する研究", 第 15 回情報科学技術フォーラム (FIT2016), H-009, 2016 年 9 月.
- ⑥ 嵐 悠登, 黒木修隆, 廣瀬哲也, 沼 昌宏, "畳み込みニューラルネットワークを用いたモノクロ画像のカラリゼーション", 第 15 回情報科学技術フォーラム (FIT2016), H-017, 2016 年 9 月.
- ⑦ 村田大智, 廣瀬哲也, 黒木修隆, 沼 昌宏, "近似を導入した簡略化アルゴリズムに基づく RNN 回路のリソース削減と高効率化", 電子情報通信学会 リコンフィギャラブルシステム研究会, pp. 69-74, (富山), 2016 年 9 月.
- ⑧ 村田大智, 望月香那, 黒田幸作, 廣瀬哲也, 黒木修隆, 沼 昌宏, "ハードウェアに適した近似関数の導入による RNN 回路のリソース削減と低消費電力化", 第 15 回情報科学技術フォーラム (FIT2016), C-022, 2016 年 9 月.
- ⑨ 小堀寛和, 黒木修隆, 廣瀬哲也, 沼 昌宏, "連写画像におけるノイズ除去のための三次元 NL-Means 法", 第 14 回情報科学技術フォーラム (FIT2015), I-022, 2015 年 9 月.
- ⑩ 加藤 裕, 黒木修隆, 廣瀬哲也, 沼 昌宏, "局所的加重平均を用いた医用断層画像のノイズ除去手法", 第 14 回情報科学技術フォーラム (FIT2015), I-021, 2015 年 9 月.
- ⑪ 古井秀弥, 廣瀬哲也, 黒木修隆, 沼 昌宏, "事前教師あり学習を適用した Network in Network による画像認識の高精度化", 第 14 回情報科学技術フォーラム (FIT2015), H-023, 2015 年 9 月.
- ⑫ 杉本 有, 黒木修隆, 廣瀬哲也, 沼 昌宏, "Dedormable Part Models による映像中の異常行動検出", 第 14 回情報科学技術フォーラム (FIT2015), H-022, 2015 年 9 月.
- ⑬ 村田大智, 切山亜弓, 雫 譲, 廣瀬哲也, 黒木修隆, 沼 昌宏, "自己学習型超解像に適用する K-means クラスタリング処理のハードウェアによる実現", 第 14 回情報科学技術フォーラム (FIT2015), C-010, 2015 年 9 月.

[図書] (計 0 件)

[その他]

研究成果の公開ホームページ

"CVBuilder (Windows 版)"

<http://cas.eeddept.kobe-u.ac.jp/WelcomeES1/OpenSoft/CVB/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

黒木修隆 (KUROKI, Nobutaka)

神戸大学・大学院工学研究科・准教授

研究者番号：90273763

(2) 研究分担者

沼 昌宏 (NUMA, Masahiro)

神戸大学・大学院工学研究科・教授

研究者番号：60188787