

ディープラーニングを用いた キュウリ選果機の開発

2017/09/19 AITC成果発表会

自己紹介



小池 誠

- 静岡県できゅうり農家をやってます
- 作付面積0.4ha 家族経営の小規模農家
- 以前は自動車関連のエンジニアを7年やりました
 - C言語、制御ECUのソフトウェア開発
- 趣味:ものづくり
 - MashupAward、MakerFaireとかに出没
- キュウリ選果機作ってます (Interfaceに作り方執筆)
- ブログ: workpiles.com
- Twitter: [@ike_jpn](https://twitter.com/ike_jpn)



IoT用ARMマイコン
Cortex-M23/M33誕生

今日話すこと

- 農家の仕事
- キュウリ選果機の開発
- テクノロジーの民主化



農家の仕事

キュウリ農家の仕事

- 農家のお仕事

- 蒔種
- 育苗
- ほ場準備(土作り、畝立て、マルチシート)
- 定植
- 管理(摘芯、誘引、灌水など)
- 収穫・出荷

面積:0.4ha 家族経営:3人(+2人)



キュウリ農家の仕事



キュウリ農家の仕事



キュウリ農家の仕事

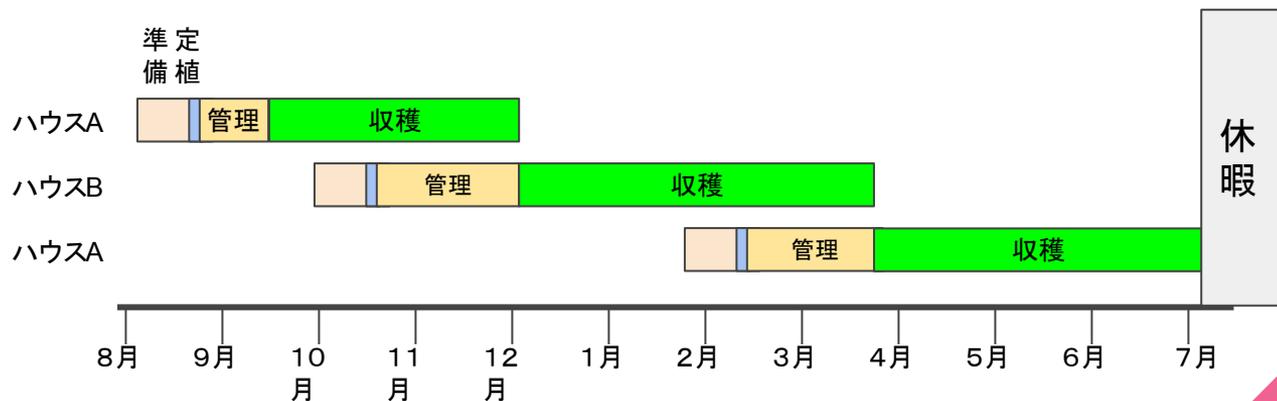


キュウリ農家の仕事



キュウリ農家の仕事

- 一年を通しての作業
 - 年間3作
 - 収穫時期は基本休みなし
 - 天候によって作業量の上下が激しい
 - 夏休み:1~1.5ヶ月間

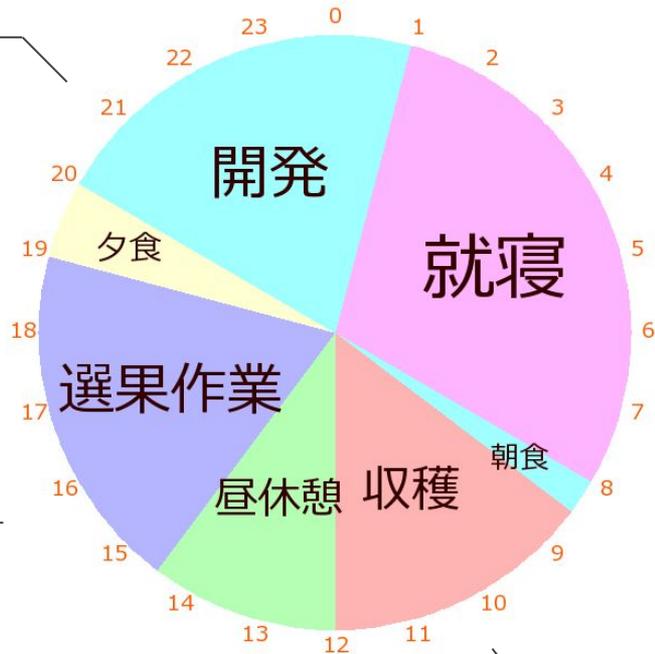


私の1日

夜は開発
の時間



大きさなどにより9等級に選別する作業
* 農繁期は22時頃までかかる



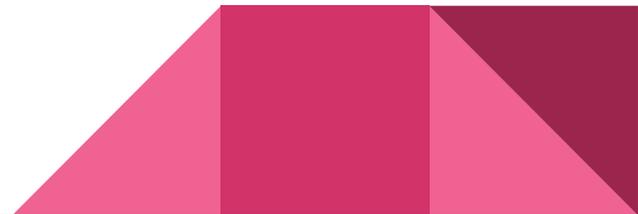
夏場は40℃を超える環境での作業
...マジしんどい



エンジニアから農家になって

- 良かったこと

- 夜ぐっすり眠れる
- 健康的な気がする
- 自由な時間が増えた
- ワークライフ バランス → ワーク イズ ライフ



エンジニアから農家になって

- 大変なこと

- 収入は激減(-50%)
- 収入が安定しない(天候・売値がコントロール不可)
- 体力的にキツイ単純作業



エンジニアから農家になって

- 大変なこと

- 収入は激減(-50%)
- 収入が安定しない(天候・売値がコントロール不可)
- 体力的に**キツイ単純作業**



なんとかしたい！
プログラマの三大美德の1つ目は『怠惰』

キュウリ選果機の開発

キュウリの仕分け(選果)とは

- 長さ、太さ、曲がり具合、色などにより、等級・階級を分ける作業
- 我が家では9等級に分類

等級	秀	B		
階級	2L L M S 2S	大 中 小	C	太

汐見胡瓜出荷組合



なかなか難しい仕分け作業

- 対象は自然物。明確な基準があるわけではない
- 長年の経験(主観)、生産者のこだわり
- 作業者でばらつくのはなるべく避けたい(評判が下がる)

特に品質の判断が難しい



秀品 B品



秀品 B品



秀品 B品



秀品 B品

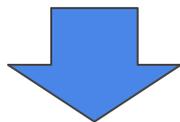
仕分け作業は時間がかかる

- 家族経営の小規模農家では仕分けは手作業（産地じゃないと共同出荷場ない）
- 農繁期には1日8時間以上（500kg 約4000本）
- 時間をかけたところでキュウリ自体の品質が上がる訳ではない



開発のモチベーション

今の仕分け作業時間を畑でキュウリの世話をする時間に当てたい！



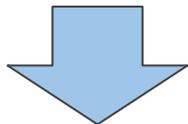
キュウリの品質UP！収量UP！



きっかけ

2016年 AlphaGOがプロ碁士イ・セドル九段に勝利

(その後、2017年 AlphaGOがカ・ケツ九段にも勝利)



(youtubeより)

- 第3次AIブームが来てるらしい！
- 機械学習ライブラリがオープンソースで公開されてる！
 - 無料だし取り敢えず試してみるか ←重要
 - Googleが公開していたTensorFlowをさわり始める

試作1号機

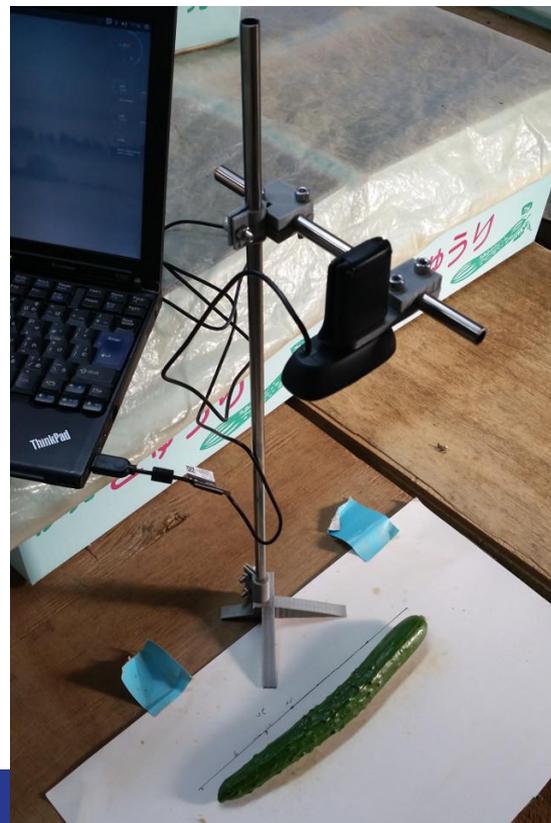
- とにかくキュウリ画像で試してみよう
- 試作1号機誕生
 - Webカメラをスタンドに固定
 - 上からキュウリの画像をとる

【ハード】

- ・Webカメラ Logicool C270(1,500円)
- ・アルミのパイプ(数百円)
- ・結合パーツ(3Dプリンターで印刷。数十円)
- ・固定用ボルト(数百円)

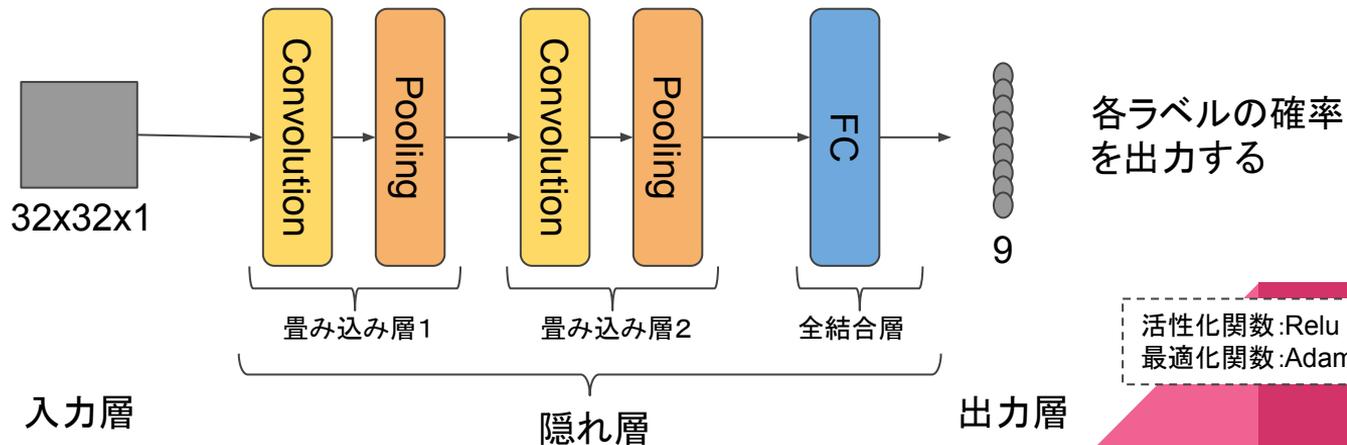
【ソフト】

- ・カメラ制御: OpenCV(オープンソース)
- ・機械学習: TensorFlow(オープンソース)



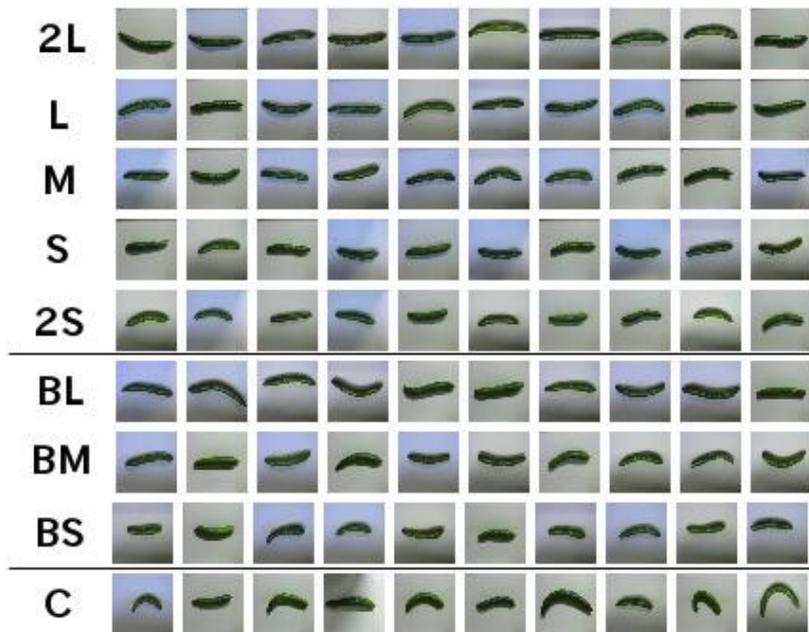
ニューラルネットワーク構成

- TensorFlowチュートリアルをそのまま流用
- 3層の畳み込みニューラルネットワーク
 - 画像認識といえば畳み込みニューラルネットワーク



教師データ集め

- 機械学習を用いた分類には教師データが必要
 - 熟練者が仕分けしたキュウリの写真をひたすら撮る



集めた画像 : 2750枚

解像度 : 32x32x3

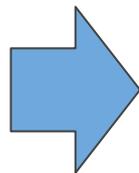
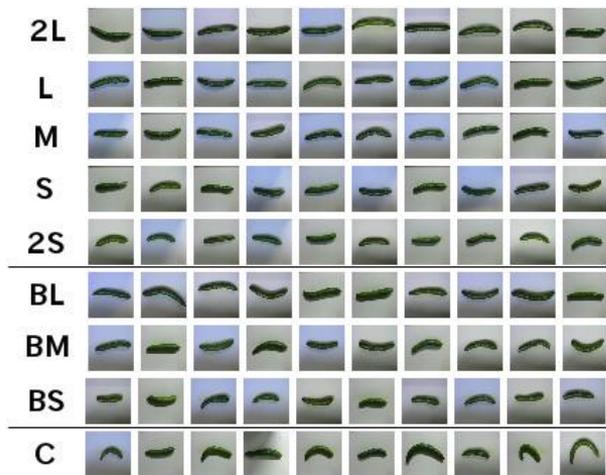
ラベル : 9種類

教師画像 : 2475枚

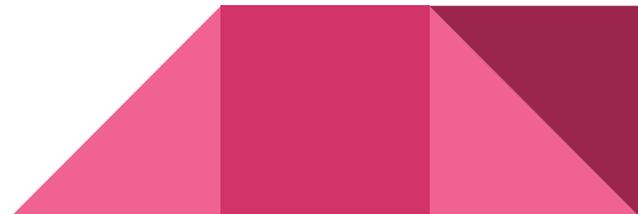
テスト用画像 : 275枚

学習結果

- テスト画像275枚に対し、



80%の正答率



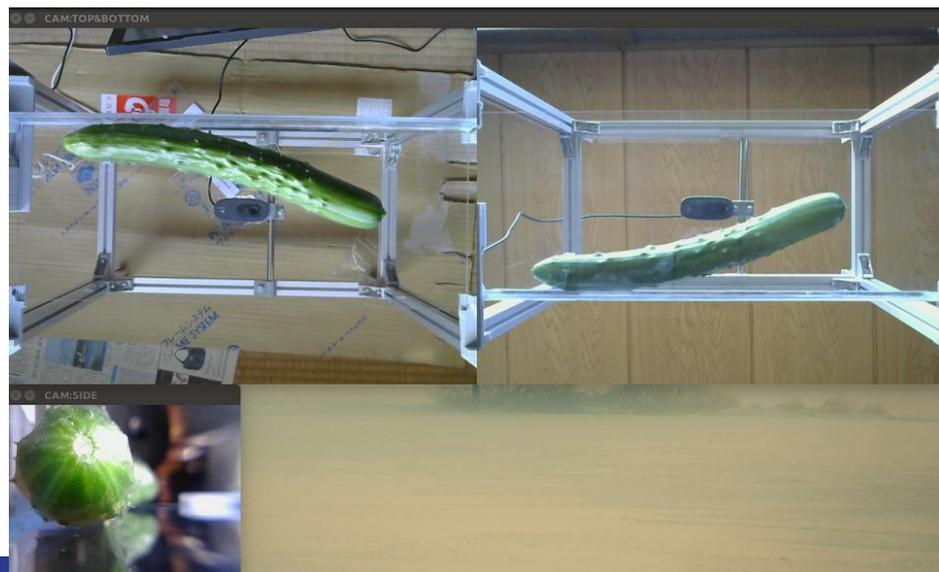
可能性が見えた！試作2号機の開発開始

- 試作1号機の結果からディープラーニングで選別ができそうな気がしてきた
- もっと人間の仕分けに近づきたい
 - UBSカメラを増やしたら精度が上がるかも ...

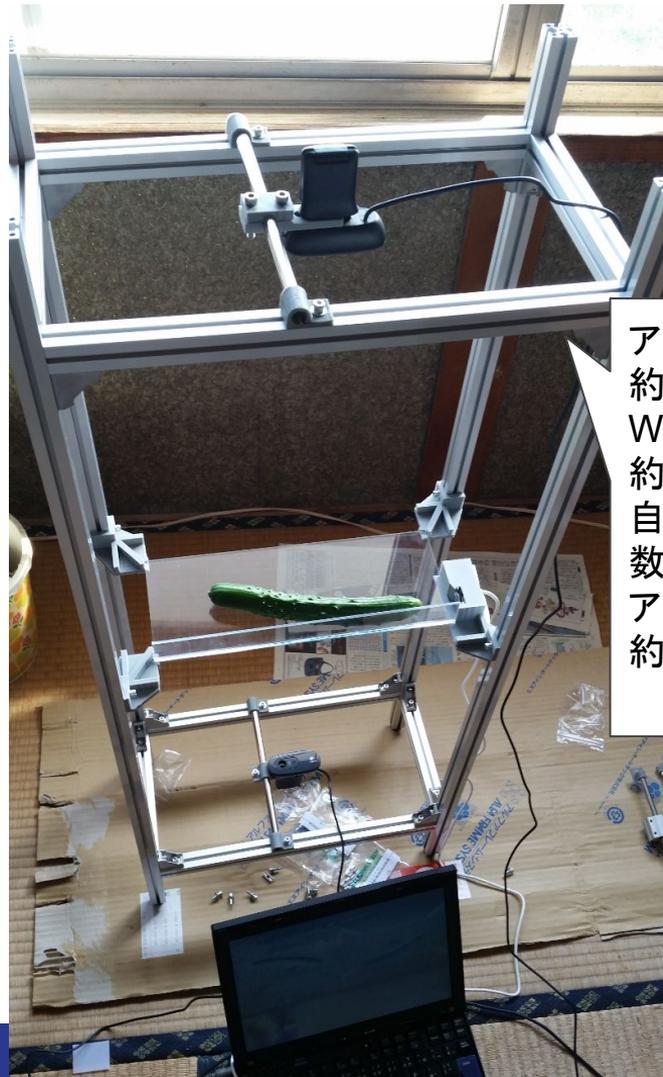
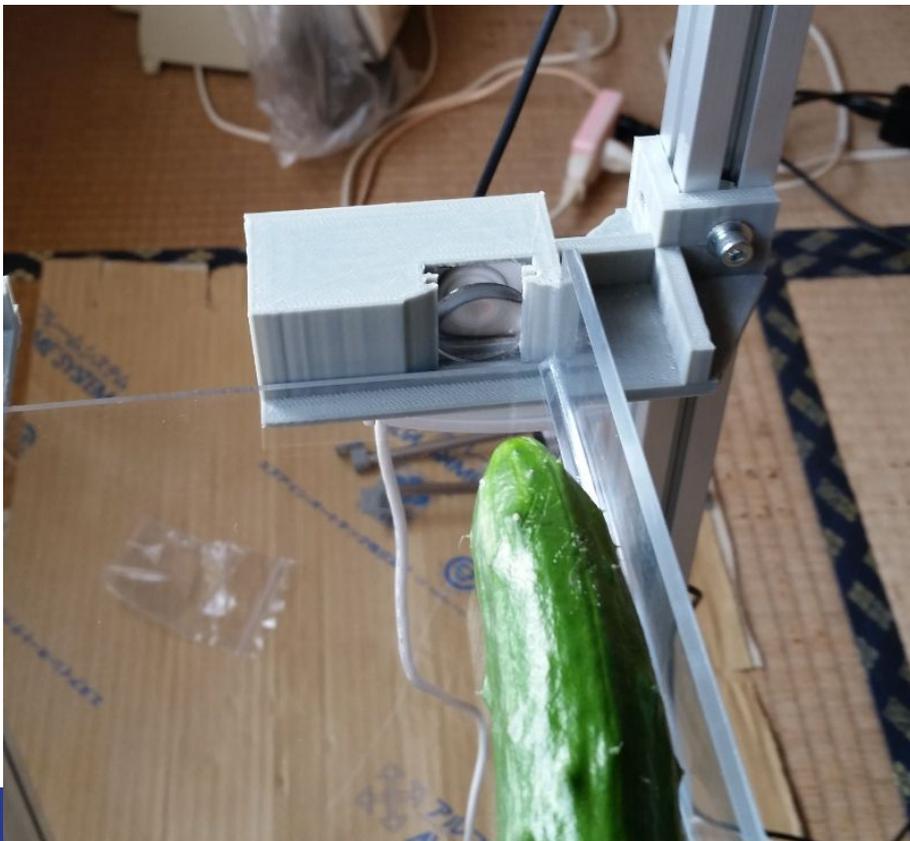


撮影台の作成

- キュウリ画像を取得するための台
- カメラを上、下、横の3方向に設置し、キュウリの全面を捉える
- 照明を付けて明るさを一定にする

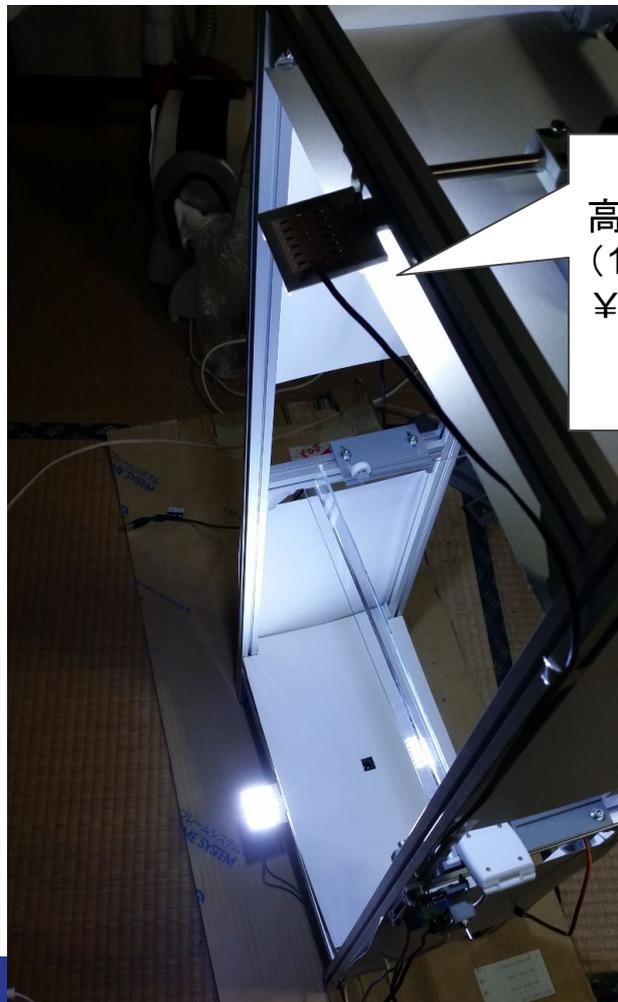
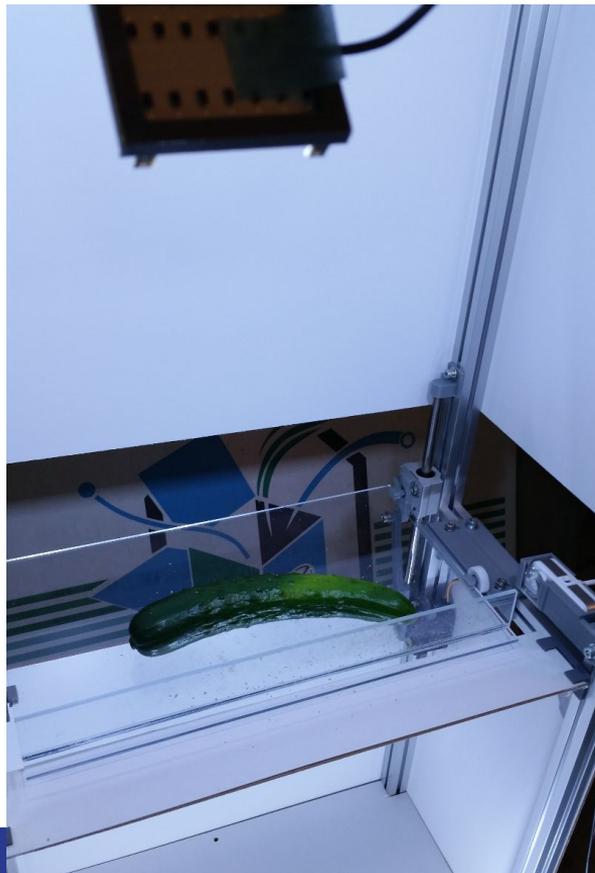


撮影台の制作



アルミフレーム
約¥1万
Webカメラx3
約¥4千
自作連結パーツ
数十円
アクリル板
約2千円

キュウリ台の制作



高輝度LEDモジュール
(12V 150mA)
¥540

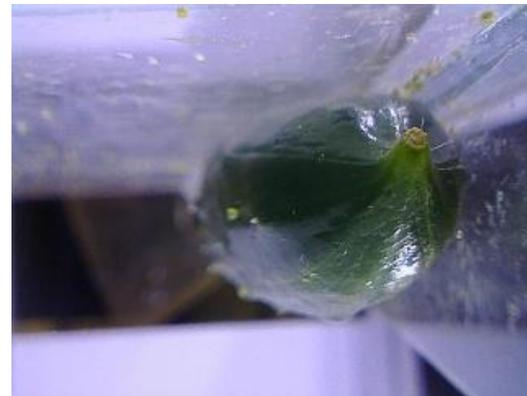
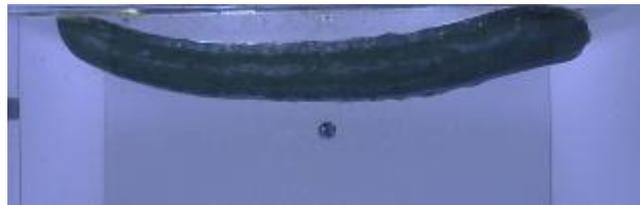


教師データ集め

- 作ったキュウリ台で教師データとなる画像を撮影&ラベル付け



キュウリ1本につき上、下、横の3枚の画像を取得



教師データ集め



集めた画像 : 8500組
解像度 : 80x80x3
ラベル : 10種類

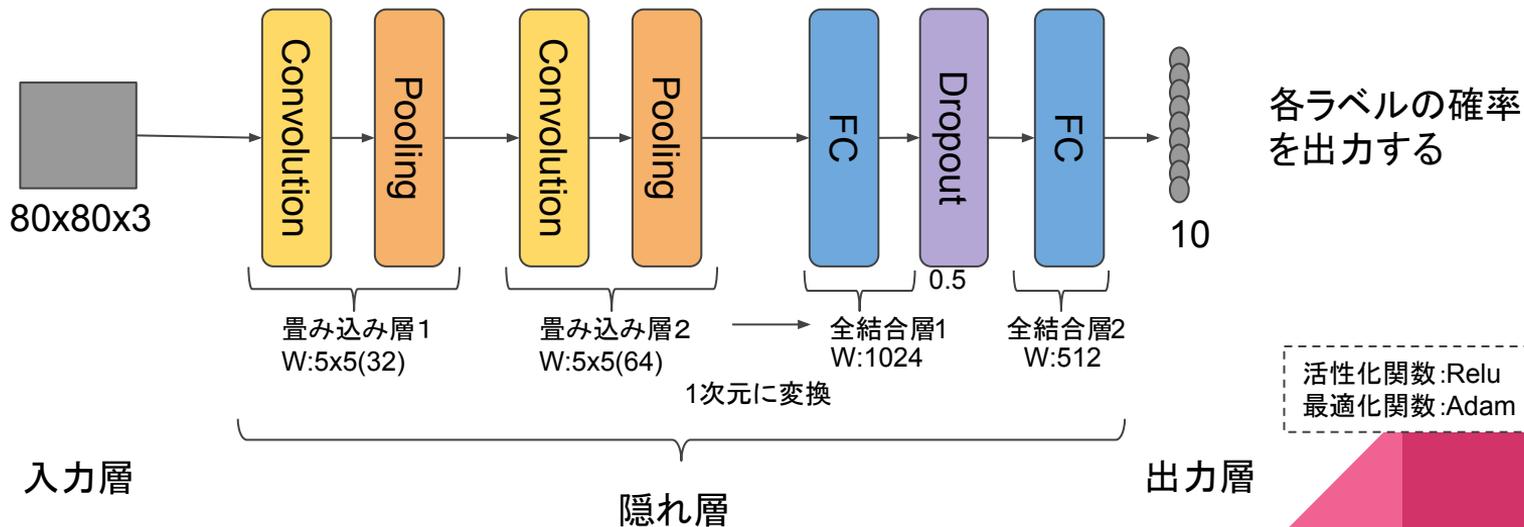
教師画像 : 7000組
テスト用画像 : 1500組

2ヶ月間ほどかかった



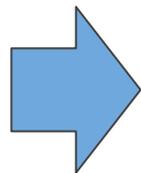
ニューラルネットワーク構成

- 4層の畳み込みニューラルネットワーク



学習結果

- テスト画像に対し、



91.6%の正答率

ベルトコンベア作り

- AIが判断したキュウリを指定の箱まで運ぶベルトコンベアがほしい



【ドライブプーリー】
塩ビパイプ
¥ 数百円
ベアリングx4
¥ 400円

ベルトコンベア作り



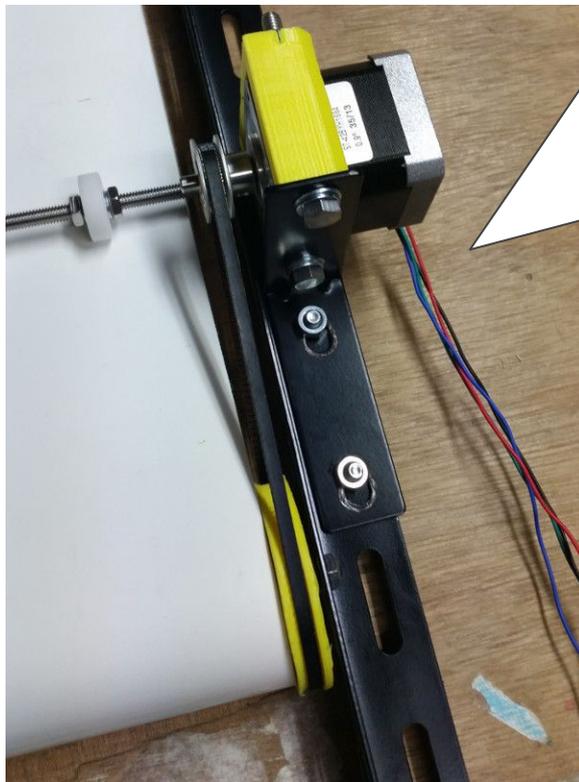
スチールフレームx2
約¥1000
ボルトx?
全部で¥1000ほど

ベルトコンベア作り

ベルト
¥3000



ベルトコンベア作り



ステッピングモーター

約¥2000

モータードライバー基盤

¥1800

GT2ベルト

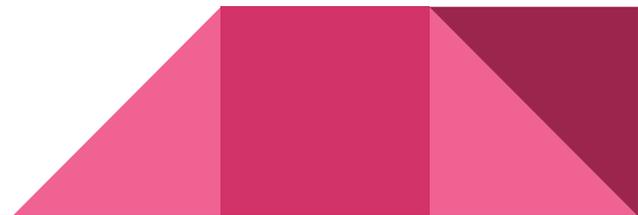
¥200

ドライブプーリー

¥3000

制御はArduinoMicro

ベルトコンベア作り

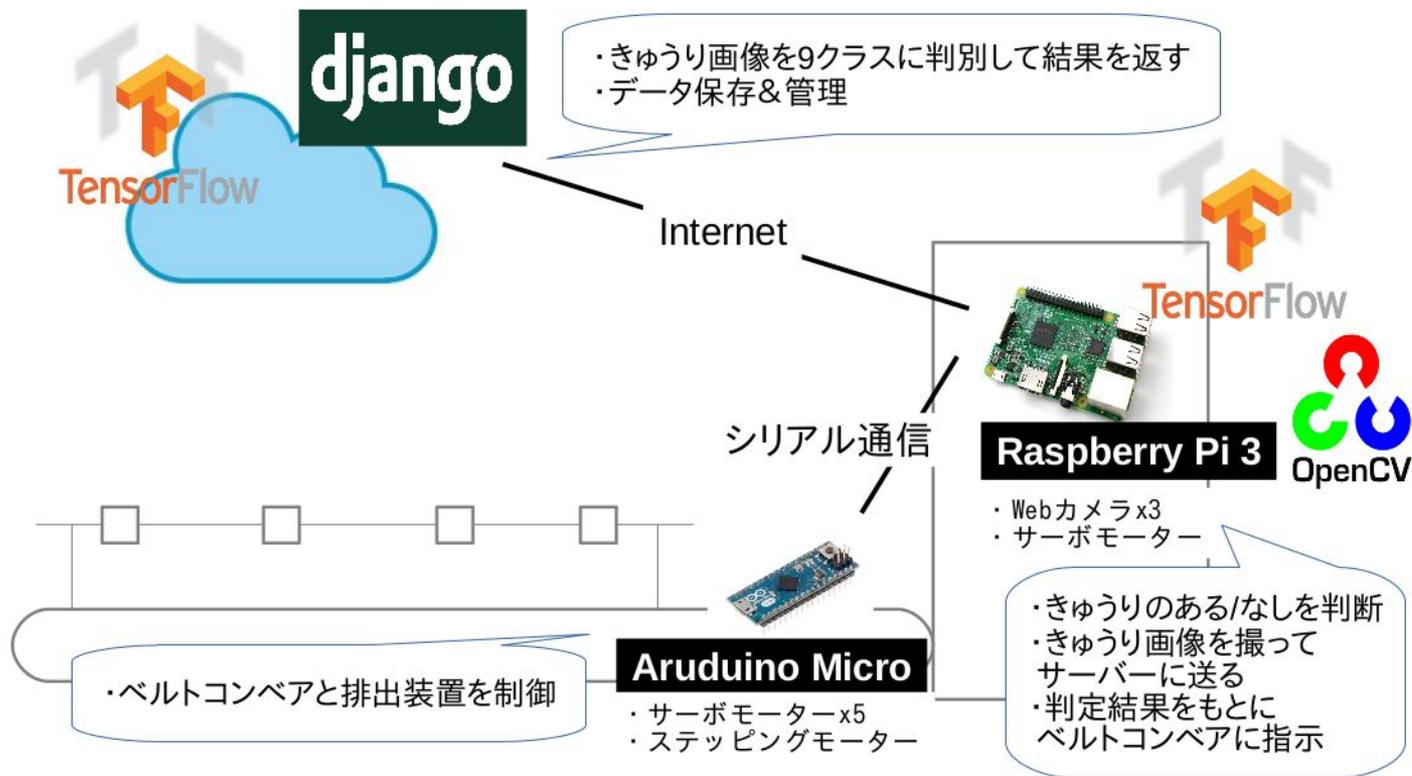


完成



ラズパイ
タッチパネル
¥20000

システム構成

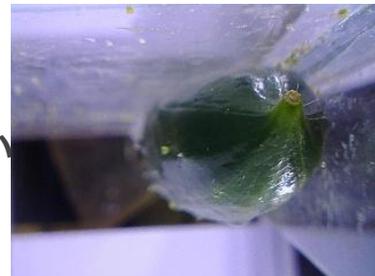


試作2号機



実機テストでわかったこと

- 認識精度が周りの環境(主に明るさ)により低下 → 実質70%ほど
- キュウリ以外の画像要素(背景、照明の反射)の影響
 - 教師データを増やせば解決できそう(又はキュウリ画像のみを切り出す)
- 長さ、形、色はしっかり認識しているが、傷や艶などは認識できてない
 - カメラ位置をもっとキュウリに近づける必要あり
- ベルトコンベア方式ではキュウリに傷がつく
 - 傷を付けずに運ぶ方法の検討が必要
- 収穫時期により形や太さに偏りがある
 - 作業者はその時の傾向をみて仕分けルールを調整している(相対的に判断が必要)



ユーザーテストでわかったこと

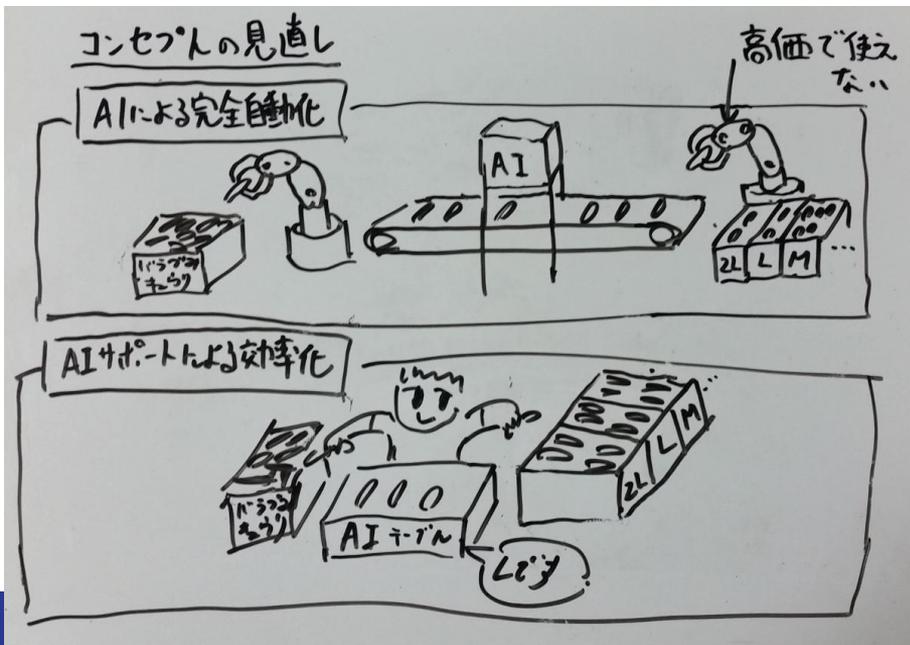
- 仕分け熟練者に見てもらった結果
 - 遅い
 - ベルトコンベアは傷がつくからダメ ← 致命的
 - 判別精度はまあまあ
 - 仕分け作業は箱に綺麗に並べて蓋をするまで
 - 動かすのに2人(のせる人、箱に詰める人)必要なら使えない
 - 総括→おもちゃ

認識部分はいい感触
しかし、まだまだ実用には程遠い！

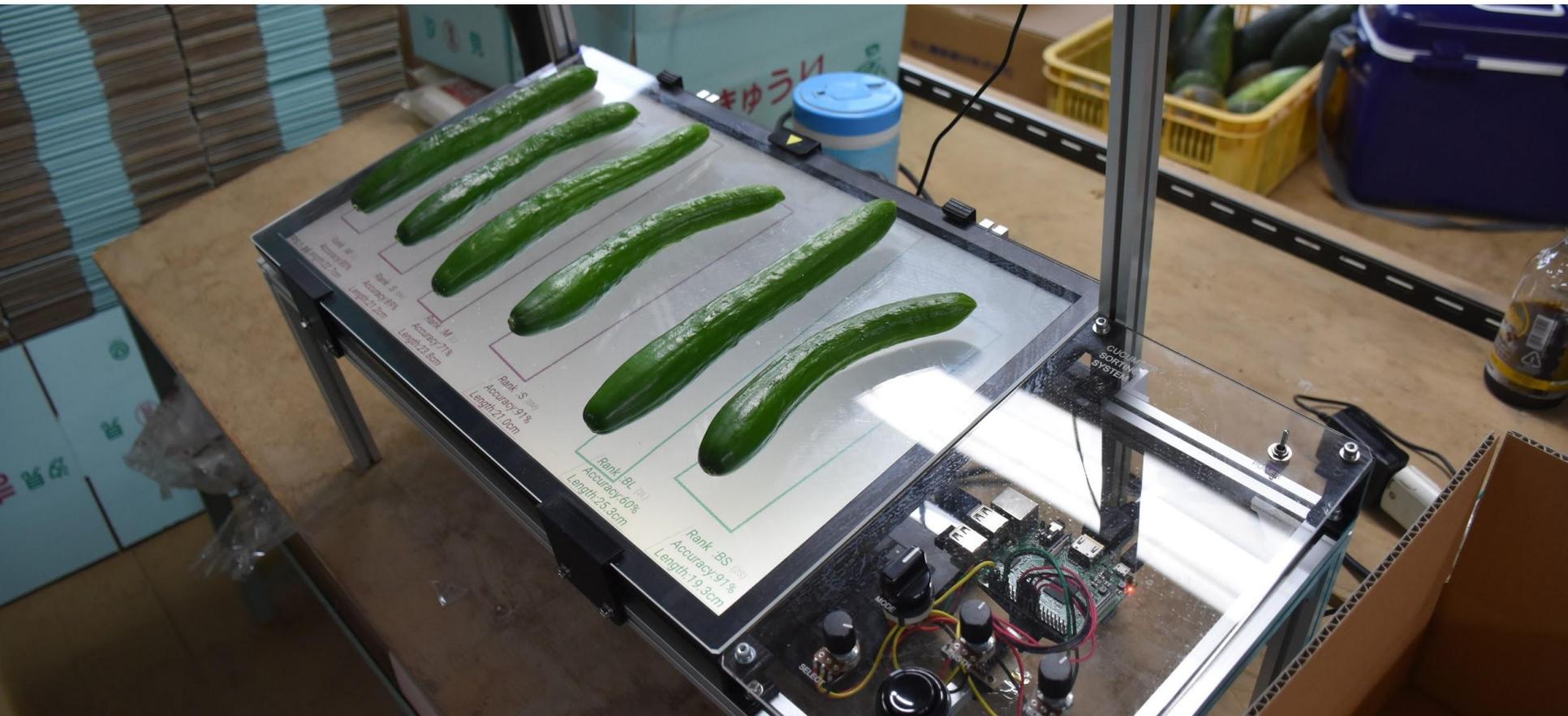
3号機の開発着手

- 開発コンセプトの変更

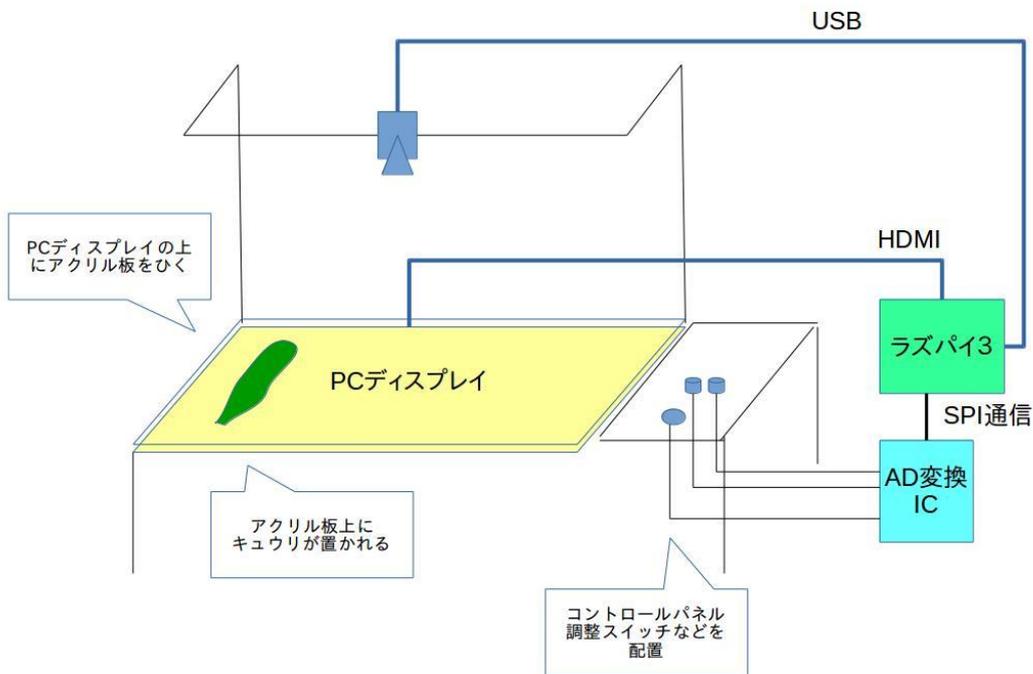
- 『AIによる自動化』→『AIのサポートによる効率化』
- 難しい等級判断はAIにまかせて、傷を付けず綺麗に箱詰めするのは人間が行う



テーブル型キュウリ選別システム



システム構成



● システム搭載機能

- 判定モード
 - 等級を判定する
- 学習モード
 - 教師データ集め
- 情報表示モード
 - 収量などを表示

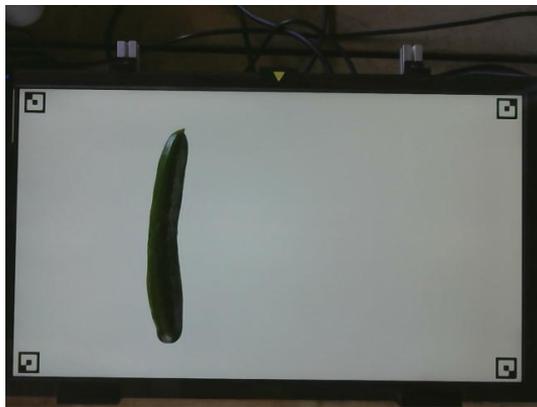
※選別アプリケーションとして実装

● 主な使用ソフトウェア

- TensorFlow v1.1.0
- OpenCV 2.4
- Kivy 1.8.0

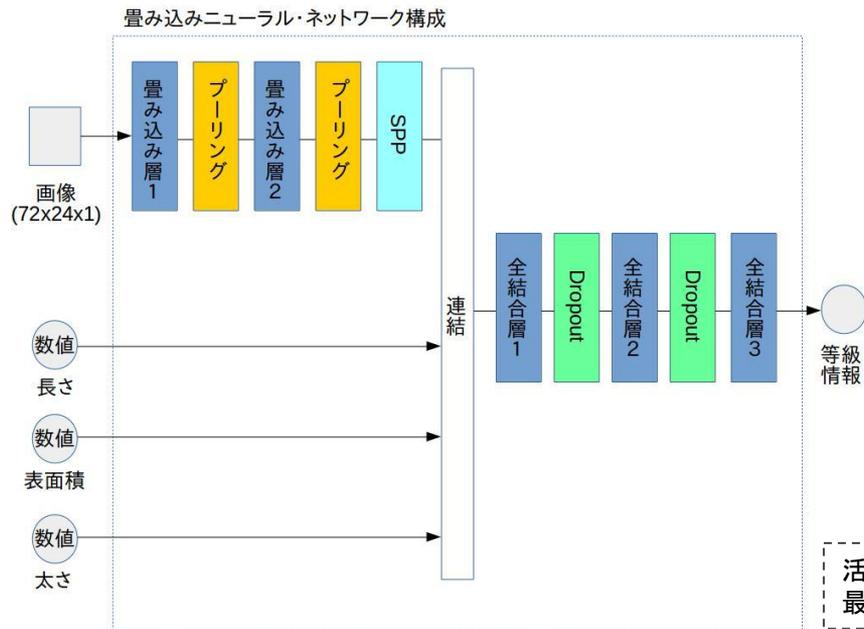
画像処理でテーブル上のキュウリを検出

- OpenCVで実装
 - マーカー座標検出 → 射影変換 → 輪郭抽出 → キュウリ画像切り出し



ニューラルネットワーク構成

- 5層の畳み込みニューラルネットワーク



【前回から変えたところ】

画像に加え、キュウリの長さ、表面積、太さの
数値を入力

→等級判定のキャリブレーションのため

SPP(Spatial Pyramid Pooling)[1]

→認識精度向上 & 画像変形に対する
ロバスト性向上

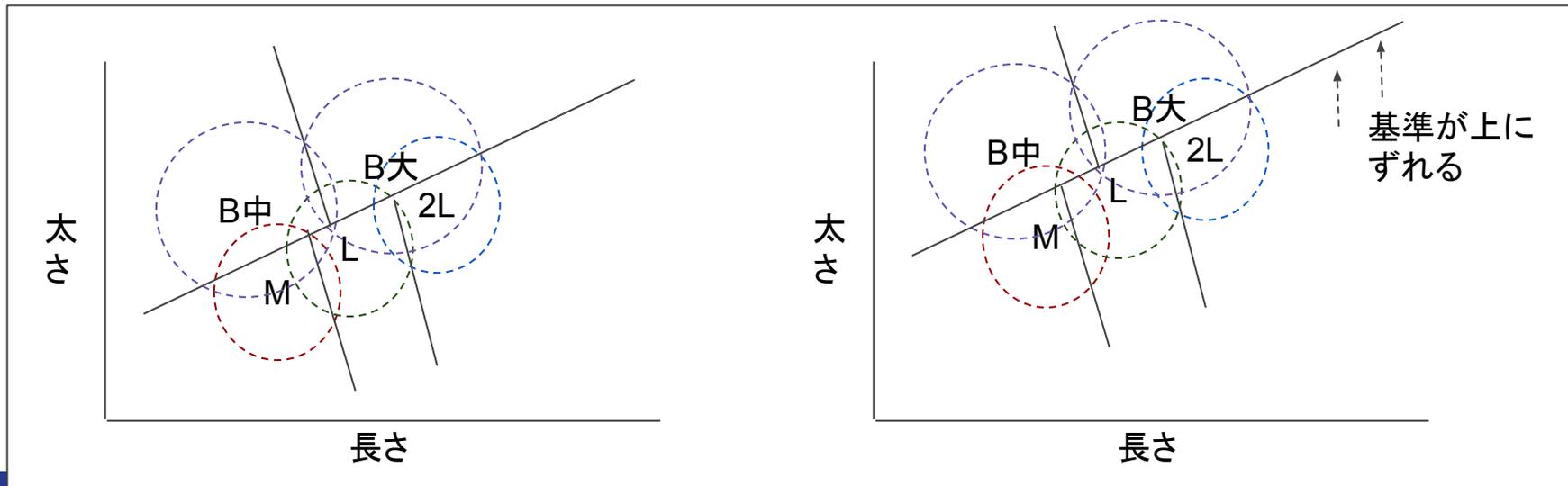
活性化関数にかける前に Batch
Normalization[2]で正規化

[1] Kaiming He, et al. "Spatial Pyramid Pooling in Deep Convolutional Networks for Visual Recognition"

[2] Sergey Ioffe, et al. "Batch Normalization: Accelerating Deep Network Training by Reducing internal Covariate Shift"

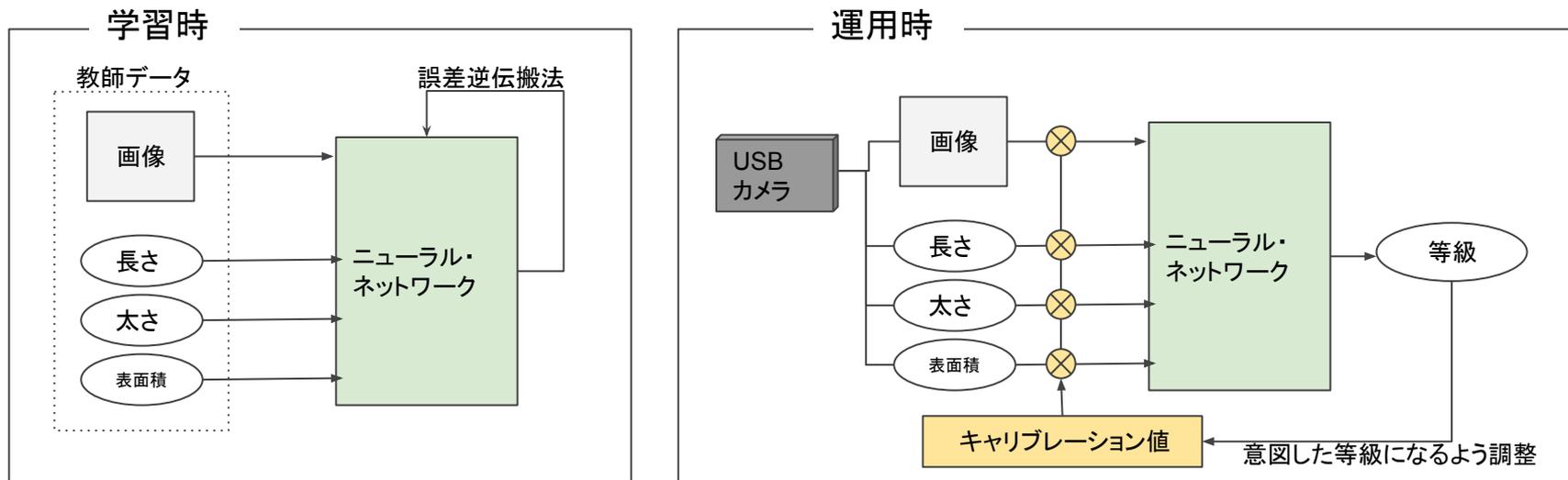
判定のキャリブレーション

- 収穫時期により収穫できるキュウリの太さの傾向が異なる
 - 取れ始めのころは全体的に太め、徐々に細長くなる
 - 熟練者作業者は、全体の傾向を見極め 等級判断基準を調整している
 - 買い手にとっては基準が一定であることよりも、とにかく仕分けされた荷が欲しい



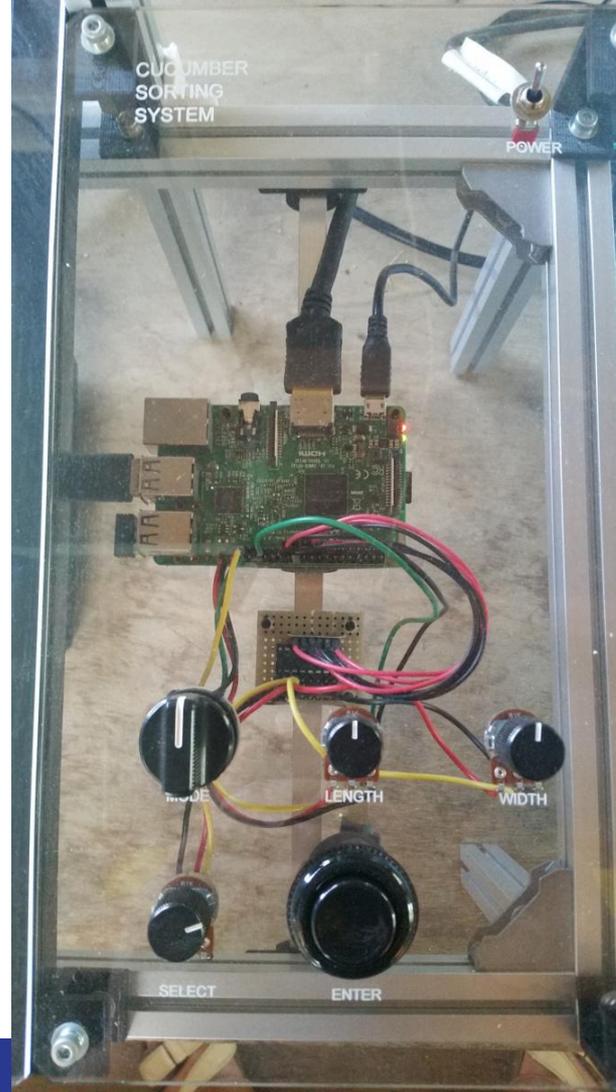
判定のキャリブレーション

- ニューラルネットワークへの入力を調整
 - 上手く行けば品種の違いや農家ごとの判定基準の違いなどにも対応できる？

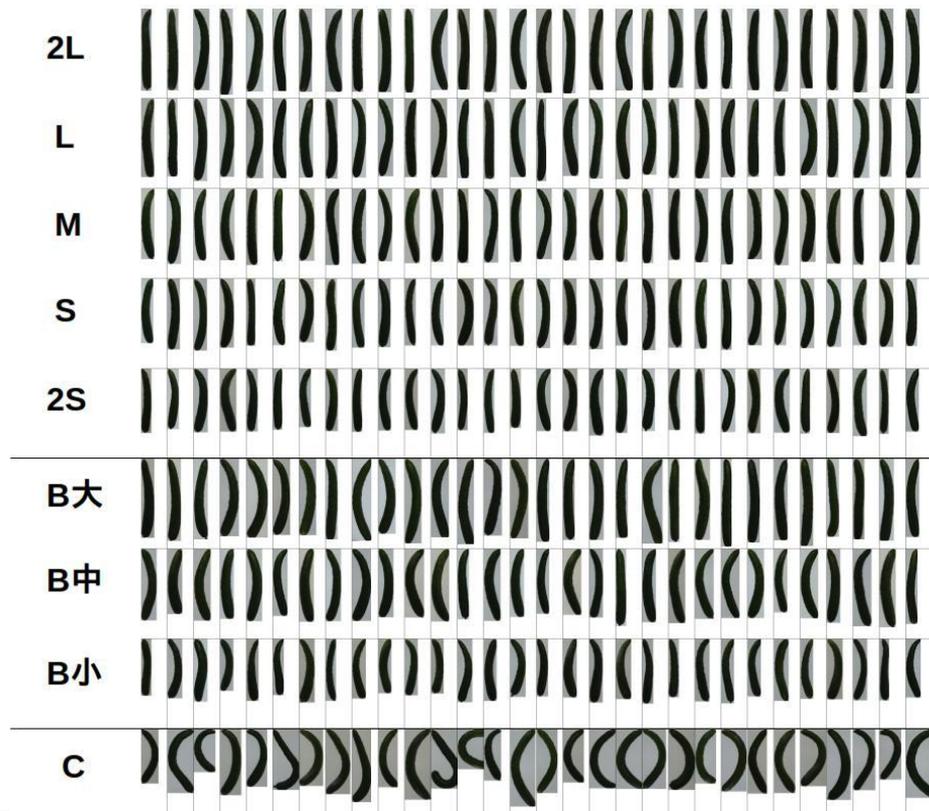


判定のキャリブレーション

- 選別作業を開始するまえに、コントロールパネル上のつまみで調整する
 - 長さ: $-20\% \sim +20\%$
 - 太さ: $-20\% \sim +20\%$



教師データ集め



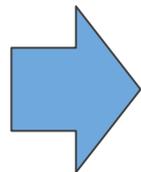
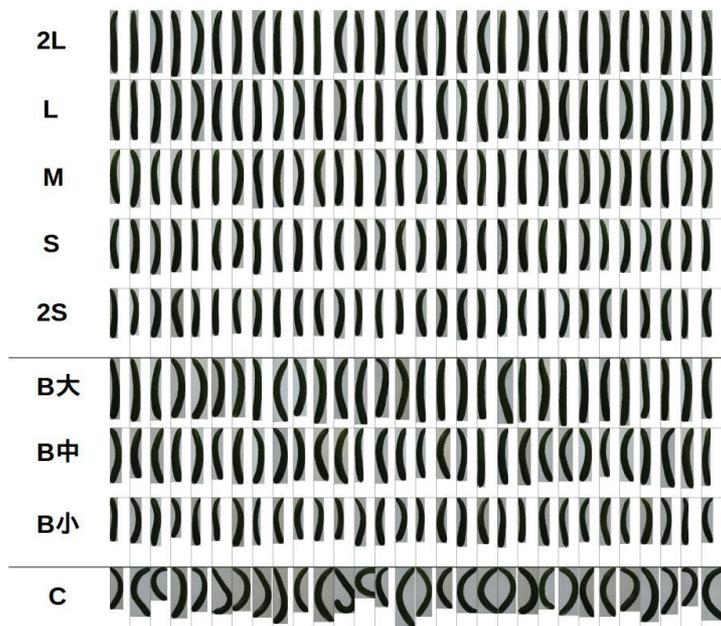
集めた画像 : 36,000枚
解像度: 72x24x3
ラベル: 9種類

教師画像 : 28,000組
テスト用画像 : 8,000枚

1ヶ月間ほどかかった

学習結果

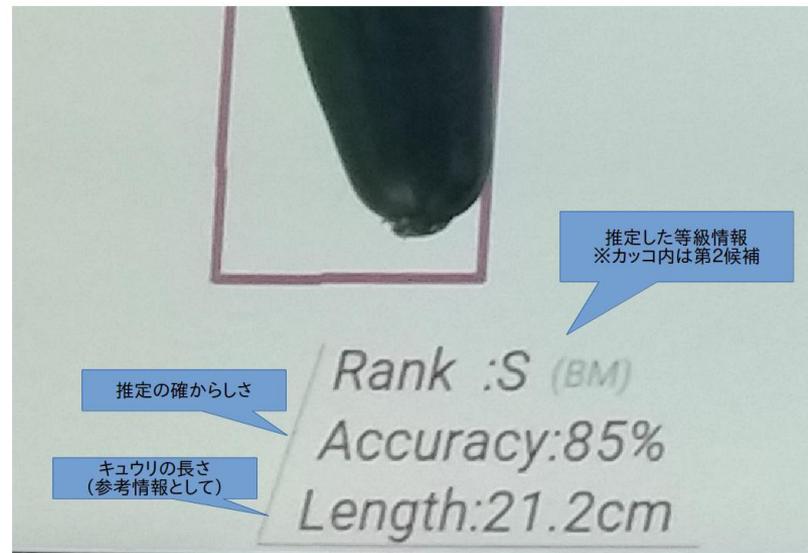
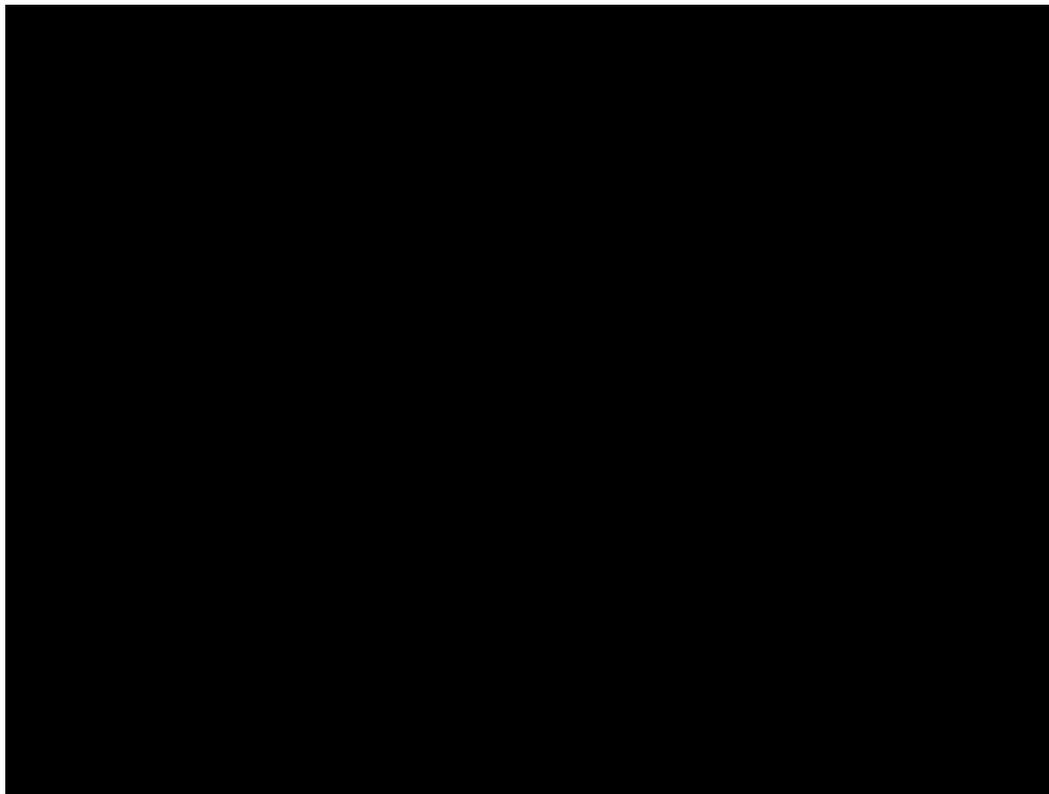
- テストデータに対し



79.4%の認識率

おそらく、カメラの数を減らした影響か
91.6%→79.4%に下がった

実際に使っている様子



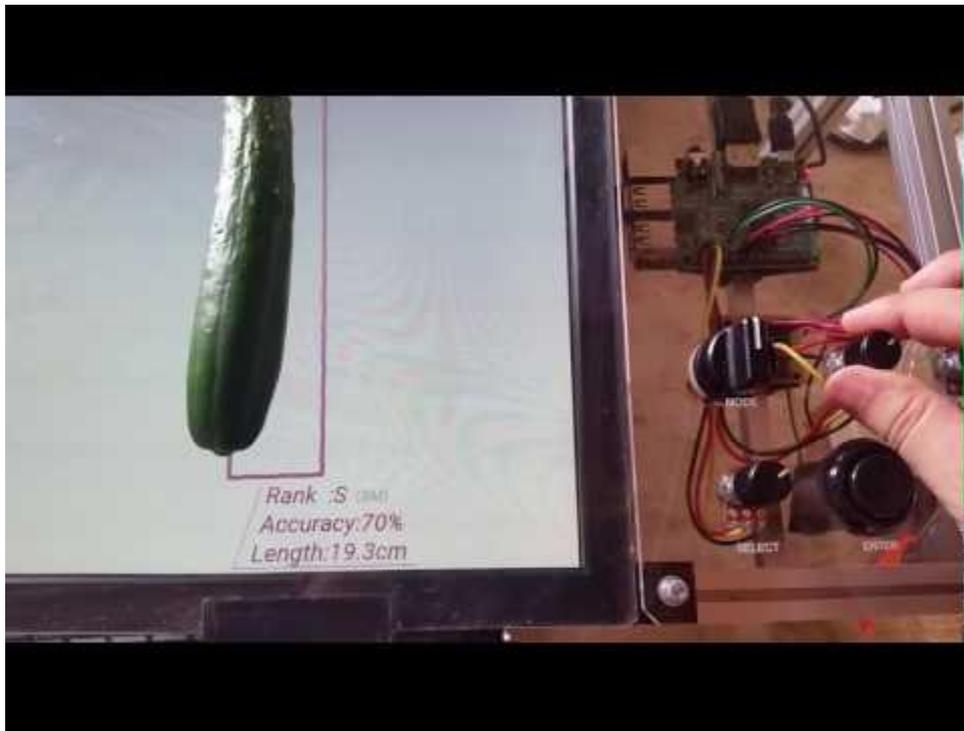
実環境での評価(仮)

- まだ本格的な収穫時期ではないので十分な評価はまだできていないが...

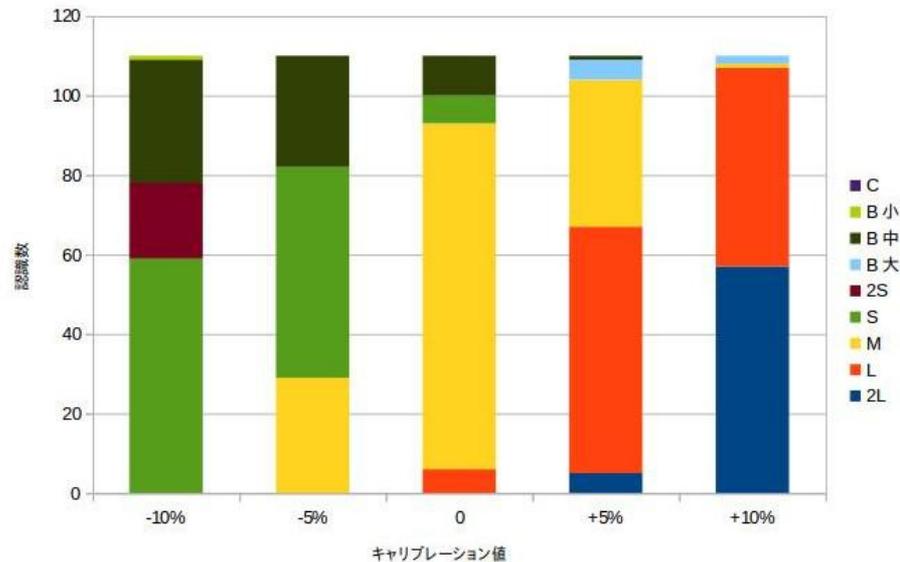
2S:46本、S:45本、B中:40本に対し、NNの推定した等級ごとの本数

		AIの判断						
		2S	S	B中	M	B大	B小	正答率
人間の判断	2S	38	7	1	0	0	0	82.6%
	S	6	30	6	2	0	1	66.7%
	B中	2	6	28	1	2	1	70.0%

キャリブレーションの様子



テスト画像を使って、M等級110本に対し、長さのキャリブレーション -10~+10%を行った際のNN判定等級数の変化



期待通りの動きになっていることが確認できた

ここまでの開発のまとめ

- テーブル型選果システム(試作3号機)を作ってみた
 - 畳み込みニューラルネットワークを使ってキュウリの等級判断が出来ることが確認できた
 - キャリブレーションの仕組みも一応期待通り？

熟練者の声:

- ・以前の試作2号機と比べたらまだ使えそう
- ・複数をまとめて判断できるのはすごい

- とは言え、本格的な評価はこれから
 - 実際の作業者が使いやすいシステムにしたい
- キュウリ画像公開してます
 - 画像: <https://github.com/workpiles/CUCUMBER-9>
 - 試作3号機アプリ: <https://github.com/workpiles/cicrops>

テクノロジーの民主化

The Democratization of AI

シリコンバレーNextレコメ

「Google CloudはAIを民主化する」、動画認識APIやKaggle買収などを発表

中田 敦=シリコンバレー支局

2017/03/09



目次一覧

シェア 224 共有 3 B!ブックマーク 7 Pocket ツイート 保存する

「Google CloudはAI(人工知能)を民主化する」――米スタンフォード大学から移籍したAI研究者のFei-Fei Li氏は2017年3月8日(米国時間)、米サンフランシスコで開催された「Google Cloud Next 2017」の基調講演でこう語り、AIクラウドの新機能などを発表



キュウリの選果機もオープンソースソフトウェアであるTensorFlowを使用して開発している

インテル製品 ユーザー別 サポート



Japan (日本語) サインイン

誰もが AI を活用できるようにする

孤立したデータストア群、複雑なツール、人材不足などさまざまな理由で、まだ現在では AI の利用は限定的です。開発者や学術機関、新興企業がより容易にデータ、ツール、トレーニングやインテリジェント・マシンにアクセスできるようにインテルが作成したのが「Intel® Nervana™ AI アカデミー」プログラムです。このプログラムの目標は、こうした多様なニーズを満たし、AI を次のレベルへと引き上げることです。インテルは AI イノベーションの普及に努め、テクノロジー・リーダーシップとしてオープンなデータ交換およびイニシアチブを進めています。

テクノロジーの民主化（と言うか民衆化？）

- AIに限らず、様々なテクノロジーが無料・低コストで誰でも使える時代
 - オープンソース・ソフトウェア
 - OS、データベース、Webサーバ、Appサーバ、開発環境、ネットワーク、CAD、etc...
 - オープンソース・ハードウェア
 - CPU、制御基板、3Dプリンター、ドローン、etc...
 - オープンデータ
 - 科学・環境データ、行政・自治体データ、etc...
 - クラウドが生み出した各種サービスとコストダウン
 - コンピュータリソース、データベース、様々な WebAPI、etc...
 - インターネット電子商取引の発達
 - 個人と部品メーカーがより近く、世界中から調達可能に
 - 知識、教育
 - コミュニティ、ブログ、MOOCs、図書館
 - （今後は・・・人的リソースも？ソーシャルソーシング？）

テクノロジーの民主化

- キュウリ選果機の場合

開発環境

2D/3D CAD



cross platformアプリ



Webアプリ



画像処理ライブラリ



IDE



機械学習ライブラリ



OS



制御基板

Arduino



RaspberryPi



基盤製造サービス

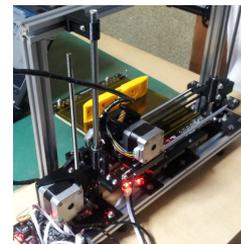
• seed, elecrow...

計算機リソース調達

Google Cloud Platform



部品



- 3Dプリンター
- FabLab

部品調達



- ebay, AliExpress
- ミスミNova、モノタロウ...
- 秋月電子通商、スイッチサイエンス...

農家とメイカームーブメント

- 農家が昔からやってきたこと

- 便利な道具を作り出す
- 道具のパーソナライズ



- 今ならできること

- 道具をインターネット・データと繋げる
- デジタルファブリケーション
 - 複製→共有→改良(パーソナライズ)



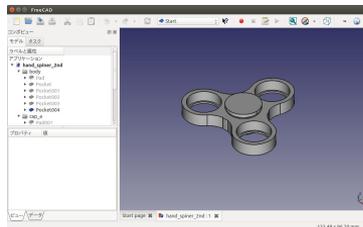
ハウス内の気温・湿度・土壌水分をセンシングしてGoogleスプレッドシートにアップロードする

デジタルファブリケーション

はあ？
ハンドスピナー？
こんなん何が楽しいん？



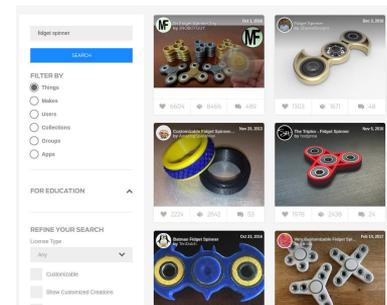
CADで設計、印刷



動かす



共有



なにこれ！
たーの
しー！
よしっ！アッ
プしたろ



みんなアップしてる！
なるほど！
ナットを使うのは賢い
な！



たった3時間で経験したこと

個人でラピッドプロトタイピング

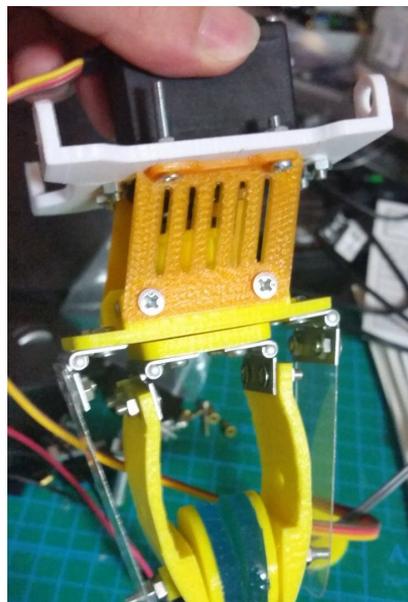
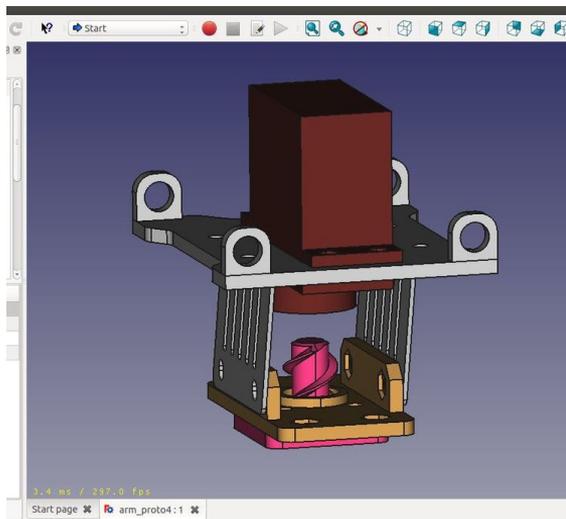
CADで設計



印刷



動かす



この程度なら2日あれば設計から動かすところまで行ける

オープンイノベーション

- 自社技術公開・提供(例WebAPI)
 - 技術は使われてこそ・社会実装されてこそ価値が生まれる

<合わせ調味料調合機>Blender



喋った料理に使う調味料を合成してくれる。
<音声入力・音声合成・クラウド>

アナウンサーと話せるNews番組アプリ



ニュースで分からないことがあったら
その場で質問できるニュースアプリ
<音声入力・音声合成・ニュースデータ>

高齢者運転支援システム(仮)



運転中の注意点を勝手にワイワイ
しゃべるアプリ
<ボット・音声合成・走行データ>

オープンにすること

- キュウリデータの公開後に起こったこと

>改善して教えてくれる人

>パラメータチューニングしてくれる人
(20枚のレポート)

>FPGAで動かした人
→2値化NNでも選別できる

CUCUMBER-9

MFT2016に出展されていたCUCUMBER-9(自動きゅうり選別)のソースコードは
<https://github.com/workpiles/CUCUMBER-9> を用いて識別

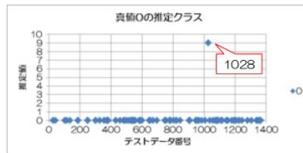
`cucu_sgd.py`

<http://deeplearning.net/tutorial/> のコードを使用 epoch 1

data	errors	%
train	263 / 5376	4.89 %
dev	65 / 1512	4.3 %
test	57 / 1512	3.77 %

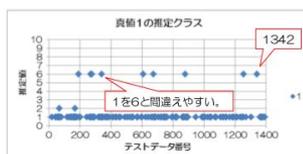
参考：推定ミスの確認

- 推定ミスを画像で確認すると、分類ミスや傾向があることがわかる。
- 推定精度向上にはデータや特徴量の見直しが必要かもしれない。



1028の画像

クラス0はキュウリ無しなので、
キュウリのある1028は分類ミスとなる。



1342の画像

見本を見ると、クラス1(2L)とクラス6(BL)は
似ており判別が難しい印象がある。

見本 2L BL

Qiita キーワードを入力 ユーザ登録 ログイン

FPGAでDeep Learningしてみる - きゅうりを選別する

30 いいね 2 コメント

FPGA 220 DeepLearning 1693 Python 12298 PYNQ 16 機械学習 2522

ykshr 2017年04月17日に更新をストック

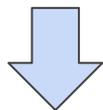
はじめに

先日、FPGAでDeep Learningしてみるという記事で、PYNQやBNN-PYNQについて書きました。前回の記事では、PYNQ-Z1 Boardという比較的安価なFPGAボードの紹介と、あらかじめ準備されたデモ(Cifar10)の実行までを行いました。そこで今回は、あらかじめ準備されたデモから少し発展して、きゅうりの選別を行っています。

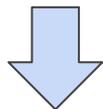
【2年で年収2.5倍】Qiitaキャリアアップに成功し最強学習法
pr.qiita.com

AIに期待する未来

- 技術・ノウハウのデジタル化



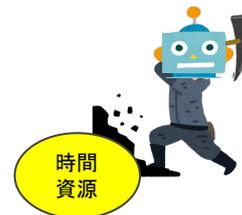
- 共有・自動化・協働



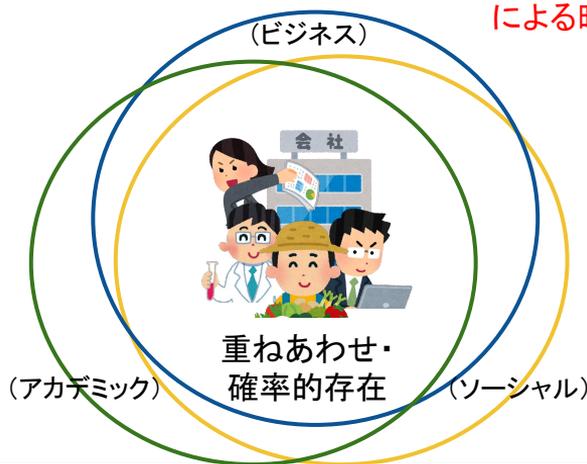
- 膨大な時間資源による創造性の拡大



技術・ノウハウの
デジタル化、
永続化、再利用可能



共有、自動化、協働
による時間資源の発掘



おしまい

以上、ご清聴ありがとうございました

