

ドローンと空間の 研究と標準化

会津大学 上級准教授 矢口勇一

yaguchi@u-aizu.ac.jp

第10回会津大学ロボットシンポジウム

2024成果: Droneに対する標準化活動とAIシフト



NEDO ReAMo Project: 無人航空機の型式認証手法 - 115 セキュリティ 第1種・第2種議論 → 白書の発行

ReAMo-115 Rev.01-1
国立研究開発法人航空宇宙総合研究機構 ReAMo
(NEDO)
次世代無人航空機システムの社会実装に向けた実証プロジェクト
(ReAMo プロジェクト)

無人航空機の型式認証等の取得のためのガイドライン
安全基準セクション 115 サイバーセキュリティ
解説書 第1.1版

2025年1月

無人航空機システムに適用される標準規格
115 サイバーセキュリティ

A.4. 115 セキュリティに関する規格の適用に関する事項

※ 本規格の適用は、適用範囲内においてのみ適用される。

項目	115 セキュリティに関する規格の適用に関する事項	備考
115.1	115.1.1 115.1.2 115.1.3 115.1.4 115.1.5 115.1.6 115.1.7 115.1.8 115.1.9 115.1.10 115.1.11 115.1.12 115.1.13 115.1.14 115.1.15 115.1.16 115.1.17 115.1.18 115.1.19 115.1.20 115.1.21 115.1.22 115.1.23 115.1.24 115.1.25 115.1.26 115.1.27 115.1.28 115.1.29 115.1.30 115.1.31 115.1.32 115.1.33 115.1.34 115.1.35 115.1.36 115.1.37 115.1.38 115.1.39 115.1.40 115.1.41 115.1.42 115.1.43 115.1.44 115.1.45 115.1.46 115.1.47 115.1.48 115.1.49 115.1.50 115.1.51 115.1.52 115.1.53 115.1.54 115.1.55 115.1.56 115.1.57 115.1.58 115.1.59 115.1.60 115.1.61 115.1.62 115.1.63 115.1.64 115.1.65 115.1.66 115.1.67 115.1.68 115.1.69 115.1.70 115.1.71 115.1.72 115.1.73 115.1.74 115.1.75 115.1.76 115.1.77 115.1.78 115.1.79 115.1.80 115.1.81 115.1.82 115.1.83 115.1.84 115.1.85 115.1.86 115.1.87 115.1.88 115.1.89 115.1.90 115.1.91 115.1.92 115.1.93 115.1.94 115.1.95 115.1.96 115.1.97 115.1.98 115.1.99 115.1.100 115.1.101 115.1.102 115.1.103 115.1.104 115.1.105 115.1.106 115.1.107 115.1.108 115.1.109 115.1.110 115.1.111 115.1.112 115.1.113 115.1.114 115.1.115 115.1.116 115.1.117 115.1.118 115.1.119 115.1.120 115.1.121 115.1.122 115.1.123 115.1.124 115.1.125 115.1.126 115.1.127 115.1.128 115.1.129 115.1.130 115.1.131 115.1.132 115.1.133 115.1.134 115.1.135 115.1.136 115.1.137 115.1.138 115.1.139 115.1.140 115.1.141 115.1.142 115.1.143 115.1.144 115.1.145 115.1.146 115.1.147 115.1.148 115.1.149 115.1.150 115.1.151 115.1.152 115.1.153 115.1.154 115.1.155 115.1.156 115.1.157 115.1.158 115.1.159 115.1.160 115.1.161 115.1.162 115.1.163 115.1.164 115.1.165 115.1.166 115.1.167 115.1.168 115.1.169 115.1.170 115.1.171 115.1.172 115.1.173 115.1.174 115.1.175 115.1.176 115.1.177 115.1.178 115.1.179 115.1.180 115.1.181 115.1.182 115.1.183 115.1.184 115.1.185 115.1.186 115.1.187 115.1.188 115.1.189 115.1.190 115.1.191 115.1.192 115.1.193 115.1.194 115.1.195 115.1.196 115.1.197 115.1.198 115.1.199 115.1.200 115.1.201 115.1.202 115.1.203 115.1.204 115.1.205 115.1.206 115.1.207 115.1.208 115.1.209 115.1.210 115.1.211 115.1.212 115.1.213 115.1.214 115.1.215 115.1.216 115.1.217 115.1.218 115.1.219 115.1.220 115.1.221 115.1.222 115.1.223 115.1.224 115.1.225 115.1.226 115.1.227 115.1.228 115.1.229 115.1.230 115.1.231 115.1.232 115.1.233 115.1.234 115.1.235 115.1.236 115.1.237 115.1.238 115.1.239 115.1.240 115.1.241 115.1.242 115.1.243 115.1.244 115.1.245 115.1.246 115.1.247 115.1.248 115.1.249 115.1.250 115.1.251 115.1.252 115.1.253 115.1.254 115.1.255 115.1.256 115.1.257 115.1.258 115.1.259 115.1.260 115.1.261 115.1.262 115.1.263 115.1.264 115.1.265 115.1.266 115.1.267 115.1.268 115.1.269 115.1.270 115.1.271 115.1.272 115.1.273 115.1.274 115.1.275 115.1.276 115.1.277 115.1.278 115.1.279 115.1.280 115.1.281 115.1.282 115.1.283 115.1.284 115.1.285 115.1.286 115.1.287 115.1.288 115.1.289 115.1.290 115.1.291 115.1.292 115.1.293 115.1.294 115.1.295 115.1.296 115.1.297 115.1.298 115.1.299 115.1.300 115.1.301 115.1.302 115.1.303 115.1.304 115.1.305 115.1.306 115.1.307 115.1.308 115.1.309 115.1.310 115.1.311 115.1.312 115.1.313 115.1.314 115.1.315 115.1.316 115.1.317 115.1.318 115.1.319 115.1.320 115.1.321 115.1.322 115.1.323 115.1.324 115.1.325 115.1.326 115.1.327 115.1.328 115.1.329 115.1.330 115.1.331 115.1.332 115.1.333 115.1.334 115.1.335 115.1.336 115.1.337 115.1.338 115.1.339 115.1.340 115.1.341 115.1.342 115.1.343 115.1.344 115.1.345 115.1.346 115.1.347 115.1.348 115.1.349 115.1.350 115.1.351 115.1.352 115.1.353 115.1.354 115.1.355 115.1.356 115.1.357 115.1.358 115.1.359 115.1.360 115.1.361 115.1.362 115.1.363 115.1.364 115.1.365 115.1.366 115.1.367 115.1.368 115.1.369 115.1.370 115.1.371 115.1.372 115.1.373 115.1.374 115.1.375 115.1.376 115.1.377 115.1.378 115.1.379 115.1.380 115.1.381 115.1.382 115.1.383 115.1.384 115.1.385 115.1.386 115.1.387 115.1.388 115.1.389 115.1.390 115.1.391 115.1.392 115.1.393 115.1.394 115.1.395 115.1.396 115.1.397 115.1.398 115.1.399 115.1.400 115.1.401 115.1.402 115.1.403 115.1.404 115.1.405 115.1.406 115.1.407 115.1.408 115.1.409 115.1.410 115.1.411 115.1.412 115.1.413 115.1.414 115.1.415 115.1.416 115.1.417 115.1.418 115.1.419 115.1.420 115.1.421 115.1.422 115.1.423 115.1.424 115.1.425 115.1.426 115.1.427 115.1.428 115.1.429 115.1.430 115.1.431 115.1.432 115.1.433 115.1.434 115.1.435 115.1.436 115.1.437 115.1.438 115.1.439 115.1.440 115.1.441 115.1.442 115.1.443 115.1.444 115.1.445 115.1.446 115.1.447 115.1.448 115.1.449 115.1.450 115.1.451 115.1.452 115.1.453 115.1.454 115.1.455 115.1.456 115.1.457 115.1.458 115.1.459 115.1.460 115.1.461 115.1.462 115.1.463 115.1.464 115.1.465 115.1.466 115.1.467 115.1.468 115.1.469 115.1.470 115.1.471 115.1.472 115.1.473 115.1.474 115.1.475 115.1.476 115.1.477 115.1.478 115.1.479 115.1.480 115.1.481 115.1.482 115.1.483 115.1.484 115.1.485 115.1.486 115.1.487 115.1.488 115.1.489 115.1.490 115.1.491 115.1.492 115.1.493 115.1.494 115.1.495 115.1.496 115.1.497 115.1.498 115.1.499 115.1.500 115.1.501 115.1.502 115.1.503 115.1.504 115.1.505 115.1.506 115.1.507 115.1.508 115.1.509 115.1.510 115.1.511 115.1.512 115.1.513 115.1.514 115.1.515 115.1.516 115.1.517 115.1.518 115.1.519 115.1.520 115.1.521 115.1.522 115.1.523 115.1.524 115.1.525 115.1.526 115.1.527 115.1.528 115.1.529 115.1.530 115.1.531 115.1.532 115.1.533 115.1.534 115.1.535 115.1.536 115.1.537 115.1.538 115.1.539 115.1.540 115.1.541 115.1.542 115.1.543 115.1.544 115.1.545 115.1.546 115.1.547 115.1.548 115.1.549 115.1.550 115.1.551 115.1.552 115.1.553 115.1.554 115.1.555 115.1.556 115.1.557 115.1.558 115.1.559 115.1.560 115.1.561 115.1.562 115.1.563 115.1.564 115.1.565 115.1.566 115.1.567 115.1.568 115.1.569 115.1.570 115.1.571 115.1.572 115.1.573 115.1.574 115.1.575 115.1.576 115.1.577 115.1.578 115.1.579 115.1.580 115.1.581 115.1.582 115.1.583 115.1.584 115.1.585 115.1.586 115.1.587 115.1.588 115.1.589 115.1.590 115.1.591 115.1.592 115.1.593 115.1.594 115.1.595 115.1.596 115.1.597 115.1.598 115.1.599 115.1.600 115.1.601 115.1.602 115.1.603 115.1.604 115.1.605 115.1.606 115.1.607 115.1.608 115.1.609 115.1.610 115.1.611 115.1.612 115.1.613 115.1.614 115.1.615 115.1.616 115.1.617 115.1.618 115.1.619 115.1.620 115.1.621 115.1.622 115.1.623 115.1.624 115.1.625 115.1.626 115.1.627 115.1.628 115.1.629 115.1.630 115.1.631 115.1.632 115.1.633 115.1.634 115.1.635 115.1.636 115.1.637 115.1.638 115.1.639 115.1.640 115.1.641 115.1.642 115.1.643 115.1.644 115.1.645 115.1.646 115.1.647 115.1.648 115.1.649 115.1.650 115.1.651 115.1.652 115.1.653 115.1.654 115.1.655 115.1.656 115.1.657 115.1.658 115.1.659 115.1.660 115.1.661 115.1.662 115.1.663 115.1.664 115.1.665 115.1.666 115.1.667 115.1.668 115.1.669 115.1.670 115.1.671 115.1.672 115.1.673 115.1.674 115.1.675 115.1.676 115.1.677 115.1.678 115.1.679 115.1.680 115.1.681 115.1.682 115.1.683 115.1.684 115.1.685 115.1.686 115.1.687 115.1.688 115.1.689 115.1.690 115.1.691 115.1.692 115.1.693 115.1.694 115.1.695 115.1.696 115.1.697 115.1.698 115.1.699 115.1.700 115.1.701 115.1.702 115.1.703 115.1.704 115.1.705 115.1.706 115.1.707 115.1.708 115.1.709 115.1.710 115.1.711 115.1.712 115.1.713 115.1.714 115.1.715 115.1.716 115.1.717 115.1.718 115.1.719 115.1.720 115.1.721 115.1.722 115.1.723 115.1.724 115.1.725 115.1.726 115.1.727 115.1.728 115.1.729 115.1.730 115.1.731 115.1.732 115.1.733 115.1.734 115.1.735 115.1.736 115.1.737 115.1.738 115.1.739 115.1.740 115.1.741 115.1.742 115.1.743 115.1.744 115.1.745 115.1.746 115.1.747 115.1.748 115.1.749 115.1.750 115.1.751 115.1.752 115.1.753 115.1.754 115.1.755 115.1.756 115.1.757 115.1.758 115.1.759 115.1.760 115.1.761 115.1.762 115.1.763 115.1.764 115.1.765 115.1.766 115.1.767 115.1.768 115.1.769 115.1.770 115.1.771 115.1.772 115.1.773 115.1.774 115.1.775 115.1.776 115.1.777 115.1.778 115.1.779 115.1.780 115.1.781 115.1.782 115.1.783 115.1.784 115.1.785 115.1.786 115.1.787 115.1.788 115.1.789 115.1.790 115.1.791 115.1.792 115.1.793 115.1.794 115.1.795 115.1.796 115.1.797 115.1.798 115.1.799 115.1.800 115.1.801 115.1.802 115.1.803 115.1.804 115.1.805 115.1.806 115.1.807 115.1.808 115.1.809 115.1.810 115.1.811 115.1.812 115.1.813 115.1.814 115.1.815 115.1.816 115.1.817 115.1.818 115.1.819 115.1.820 115.1.821 115.1.822 115.1.823 115.1.824 115.1.825 115.1.826 115.1.827 115.1.828 115.1.829 115.1.830 115.1.831 115.1.832 115.1.833 115.1.834 115.1.835 115.1.836 115.1.837 115.1.838 115.1.839 115.1.840 115.1.841 115.1.842 115.1.843 115.1.844 115.1.845 115.1.846 115.1.847 115.1.848 115.1.849 115.1.850 115.1.851 115.1.852 115.1.853 115.1.854 115.1.855 115.1.856 115.1.857 115.1.858 115.1.859 115.1.860 115.1.861 115.1.862 115.1.863 115.1.864 115.1.865 115.1.866 115.1.867 115.1.868 115.1.869 115.1.870 115.1.871 115.1.872 115.1.873 115.1.874 115.1.875 115.1.876 115.1.877 115.1.878 115.1.879 115.1.880 115.1.881 115.1.882 115.1.883 115.1.884 115.1.885 115.1.886 115.1.887 115.1.888 115.1.889 115.1.890 115.1.891 115.1.892 115.1.893 115.1.894 115.1.895 115.1.896 115.1.897 115.1.898 115.1.899 115.1.900 115.1.901 115.1.902 115.1.903 115.1.904 115.1.905 115.1.906 115.1.907 115.1.908 115.1.909 115.1.910 115.1.911 115.1.912 115.1.913 115.1.914 115.1.915 115.1.916 115.1.917 115.1.918 115.1.919 115.1.920 115.1.921 115.1.922 115.1.923 115.1.924 115.1.925 115.1.926 115.1.927 115.1.928 115.1.929 115.1.930 115.1.931 115.1.932 115.1.933 115.1.934 115.1.935 115.1.936 115.1.937 115.1.938 115.1.939 115.1.940 115.1.941 115.1.942 115.1.943 115.1.944 115.1.945 115.1.946 115.1.947 115.1.948 115.1.949 115.1.950 115.1.951 115.1.952 115.1.953 115.1.954 115.1.955 115.1.956 115.1.957 115.1.958 115.1.959 115.1.960 115.1.961 115.1.962 115.1.963 115.1.964 115.1.965 115.1.966 115.1.967 115.1.968 115.1.969 115.1.970 115.1.971 115.1.972 115.1.973 115.1.974 115.1.975 115.1.976 115.1.977 115.1.978 115.1.979 115.1.980 115.1.981 115.1.982 115.1.983 115.1.984 115.1.985 115.1.986 115.1.987 115.1.988 115.1.989 115.1.990 115.1.991 115.1.992 115.1.993 115.1.994 115.1.995 115.1.996 115.1.997 115.1.998 115.1.999 115.1.1000	

(1) 機能要求の分類

→ JIS化に向けて交渉中 (国交省の推薦、JUAVへ)

JUTM 国際標準・エコシステムWG: ISO TC20/SC16への貢献 - ISO TR 23310 “UTMの機能に関するSurvey” (PL) → DIS投票前の調整中 (5月中にDIS投票へ) - ISO NP 23629-3 “UTMの機能要求” (PL) → NP投票中

ISO 23310-3:2024 (E)
UTM (Unmanned Traffic Management) –
Part 3: Functional and Performance Requirements for UTM System

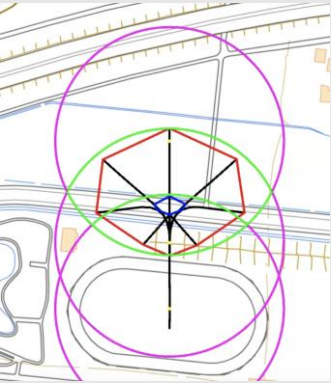
2024-11-15

WD stage

Comments (Tentative)

- 1. Scope
- 2. Normative references
- 3. Terms and definitions
- 4. Functional requirements for UTM system
- 5. Performance requirements for UTM system
- 6. Test methods
- 7. Conformance testing
- 8. Information for users
- 9. Bibliography

科研費: 分散型UAV自動管制システム上での運用信頼性尺度の研究 – 衝突回避技術に対する運用 (AROB2024での発表)



特許: 目標点に向かって被誘導体を誘導するためのシステム、方法、およびプログラム → AI化を目論む

特許証
特許第7638492号
(H07-8492)

発明の名称
目標点に向かって被誘導体を誘導するためのシステム、方法、およびプログラム

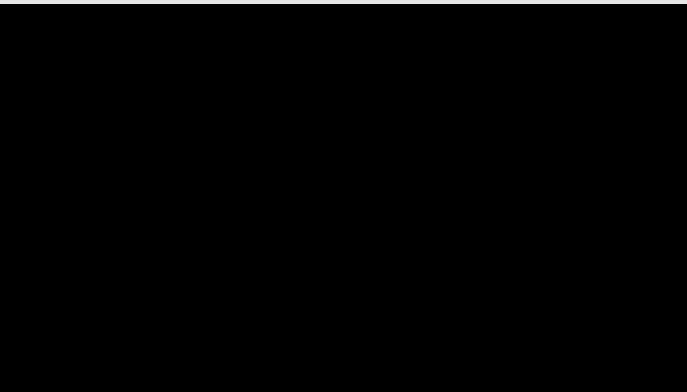
特許権者
公立大学法人会津大学

発明者
矢口 勇一

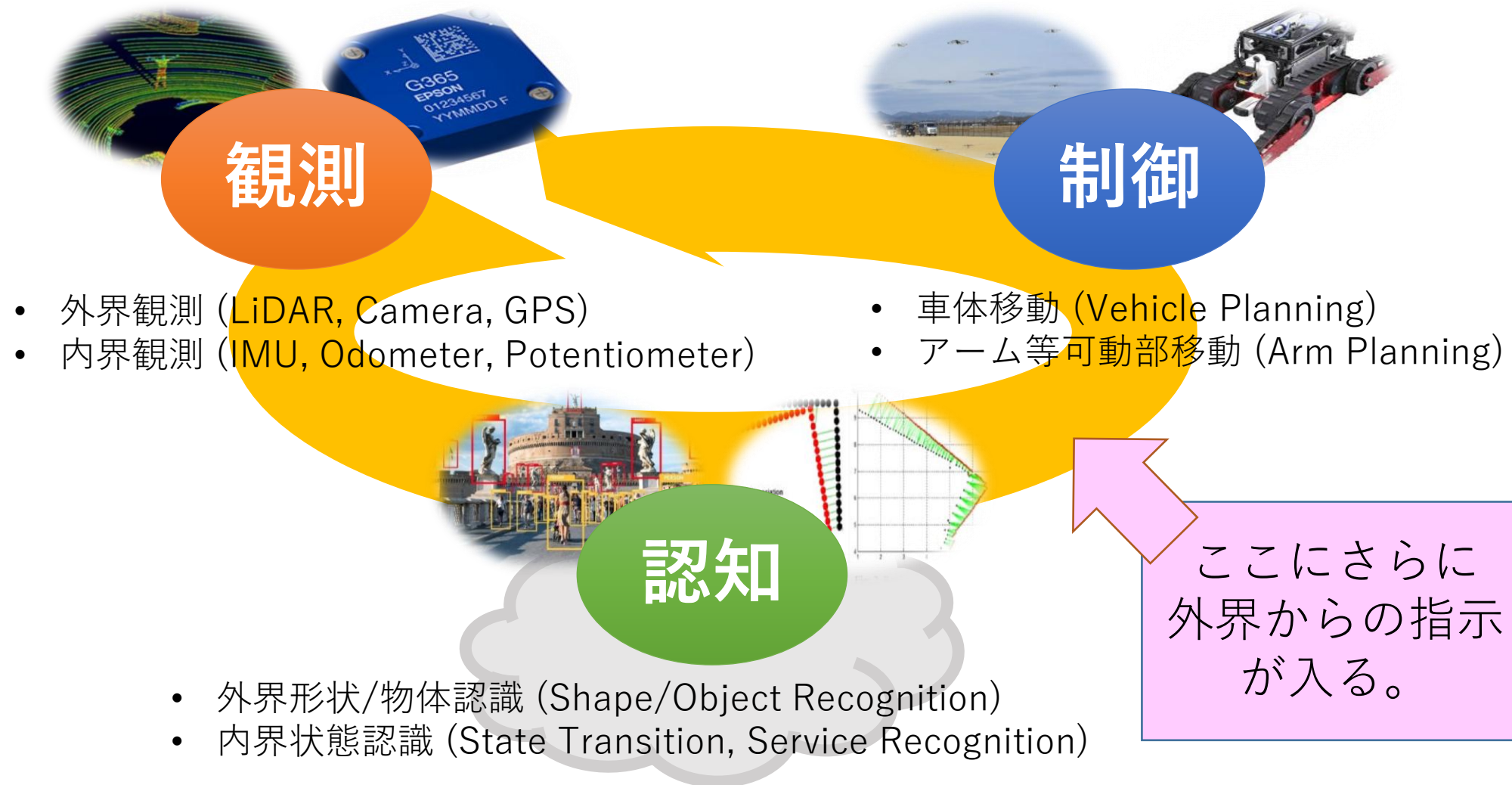
特許の範囲
特許2023-146851
令和 5年 9月1日 (November 1, 2023)
令和 6年 8月14日 (August 14, 2024)

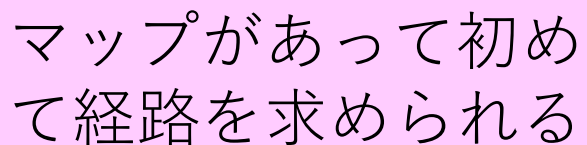
特許の発明者
小野 洋太

この発明は、特許するものと規定し、特許権は登録されたことを証明する。
(THIS IS TO CERTIFY THAT THE PATENT IS REGISTERED IN THE RECORD OF THE JAPAN PATENT OFFICE.)



ロボットやドローンが働くために

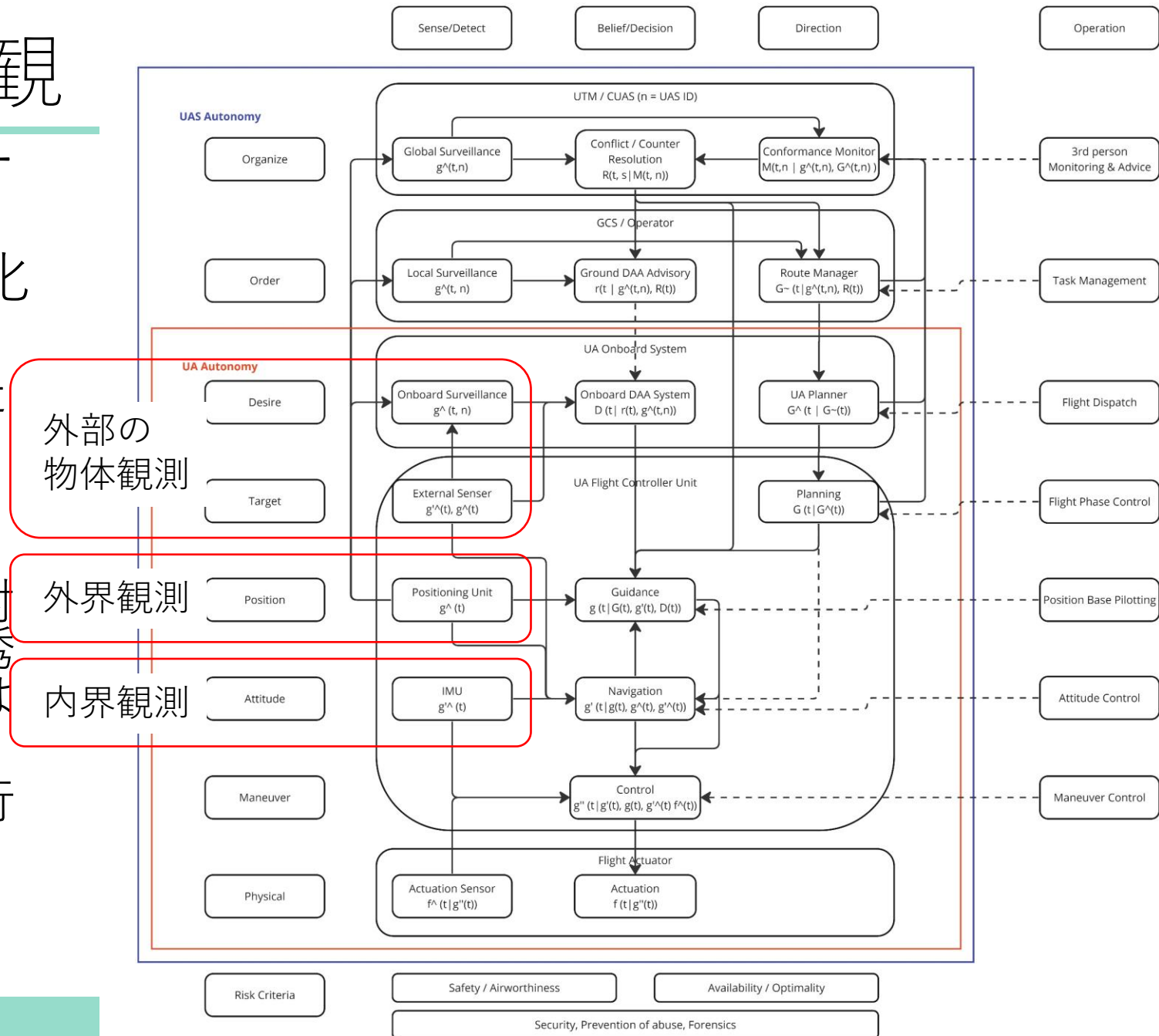




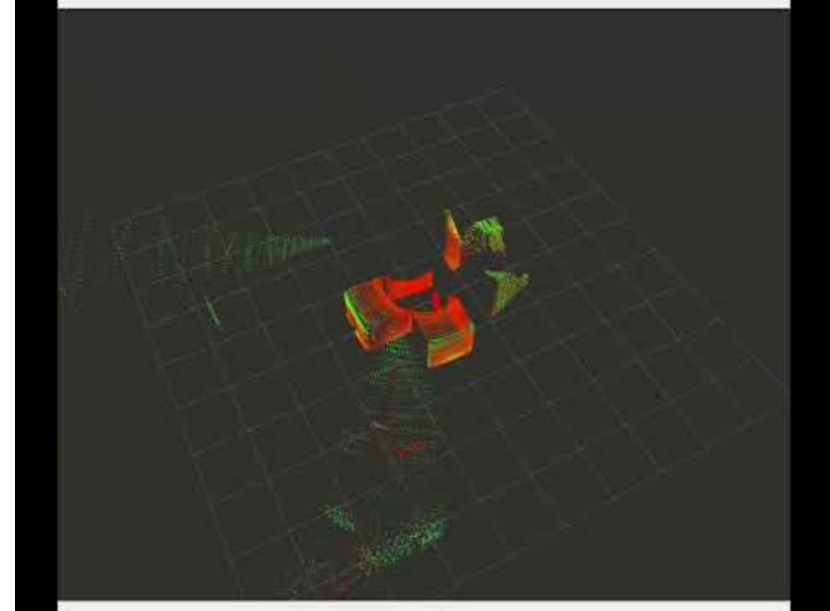
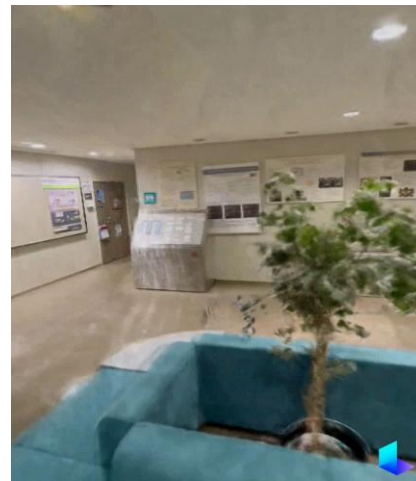
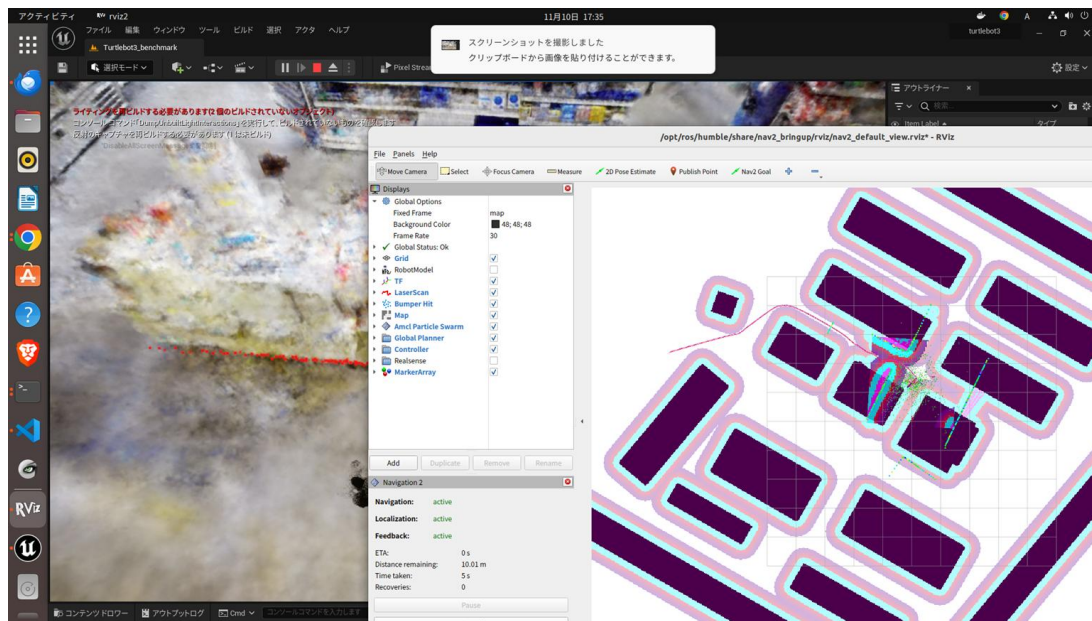
自律化: 駆動系と観測系のハーモニー

- ドローンにおける自律化のモデリング (ISO TC20/SC16 AG6での提案)

- Guidance-Navigation and Control (GNC):
ロボット視点による相対的な位置同定で制御 (誘導制御は場合によっては絶対位置が必要)
- 環境情報からくる回避行動など: 動的なマップが必要



静的マップと動的マップ

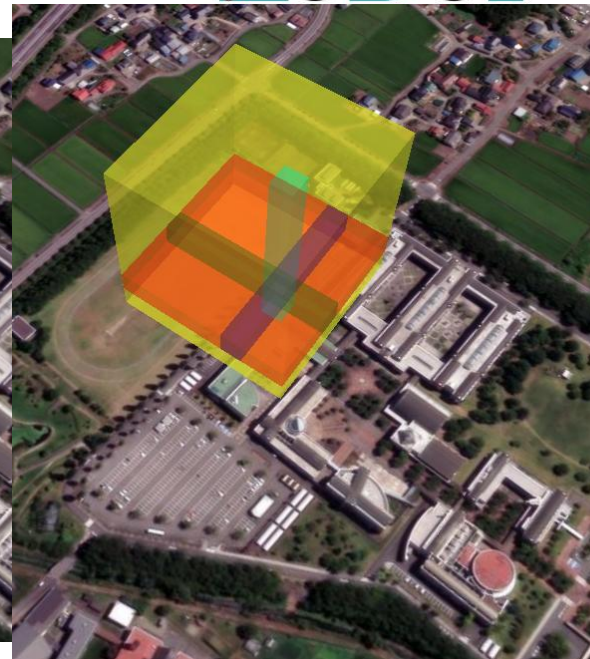
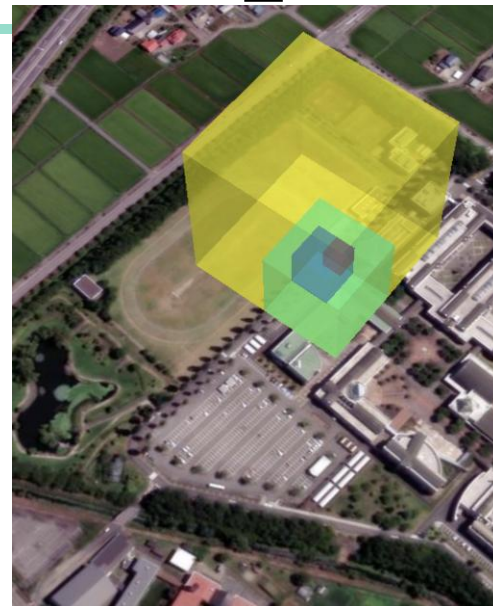


取得画像からの復元 – 静的な3Dマップ

LiDARのリアルタイム計測 – 動的な3Dマップ

ボクセル化による『時空間ID』

- **エンコード:** 可変長バイナリIDとして、(x, y, height, time) の存在ビットを定義
- **Zoom Header:** 5 bits × 4 dimensions (x/y/h/t) → 各軸のズームレベル (精度) を定義
- **ペイロード:** 各軸最大32bit (1cm/ 1秒) 表現とする
 - Example 1: XYHT Code
 - Zoom: x = 24 (1.2 m), y = 24, h = 11 (9.6 m), t = 21 (~17 min)
 - 111111011110110101010101011110001110000010110100100110001100101101
 - 0100010000000101011010100000010011101101
 - Total: 105 bits (~13 bytes)
 - Example 2: H and T Code
 - Zoom: h = 11 (9.6 m), t = 21 (~17 min)
 - 00110101010101000000101011010100000010011101101
 - Total: 47 bits (~6 bytes)
- 長所:
 - LoRa パケットに埋め込むのに十分なコンパクトさ (≤256 バイト)
 - ビット単位のプレフィックスフィルタリング、XOR 比較が可能
 - 階層型 ID = マッチングとルーティングのためのスケーラブルな精度

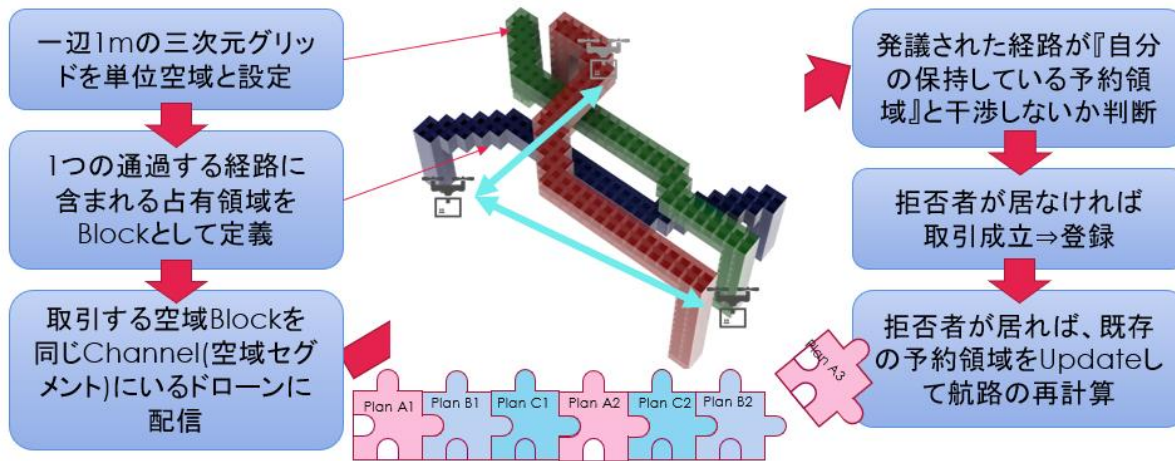


XYHT Bit (4B)	Zoom Level Bit (5~20B)				Coord Bit (Max 128B)			
1100	ZL-X (5B)	ZL-Y (5B)	Coord - X (ZL-X Byte)		Coord - Y (ZL-Y Byte)			
1111	ZL-X (5B)	ZL-Y (5B)	ZL-H (5B)	ZL-T (5B)	Coord - X (ZL-X Byte)	Coord - Y (ZL-Y Byte)	Coord - H (ZL-H Byte)	Coord - T (ZL-T Byte)
0001	ZL-T (5B)	Coord - T (ZL-T Byte)						

時空間IDで作れる未来

- 動的な空間情報の共有 (Blockchain UTMなど)

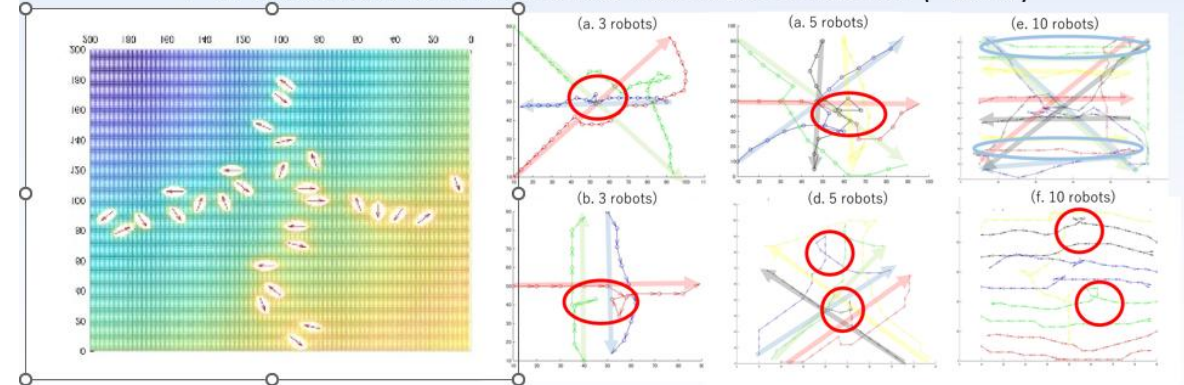
- コンセプト: 『空域を取引する分散台帳』



Yuichi Yaguchi and Takuya Wakazono, "Flight Plan Management System for Unmanned Aircraft Vehicles Using Blockchain," ICUAS 2021

- コンセプト: 『周りに声を掛け合いながら注意して飛ぶ』

- よけ方の方法: Potential Field + A* Path Planning
- 声かけの方法: 920MHz LoRa Based Broadcast (<2km)

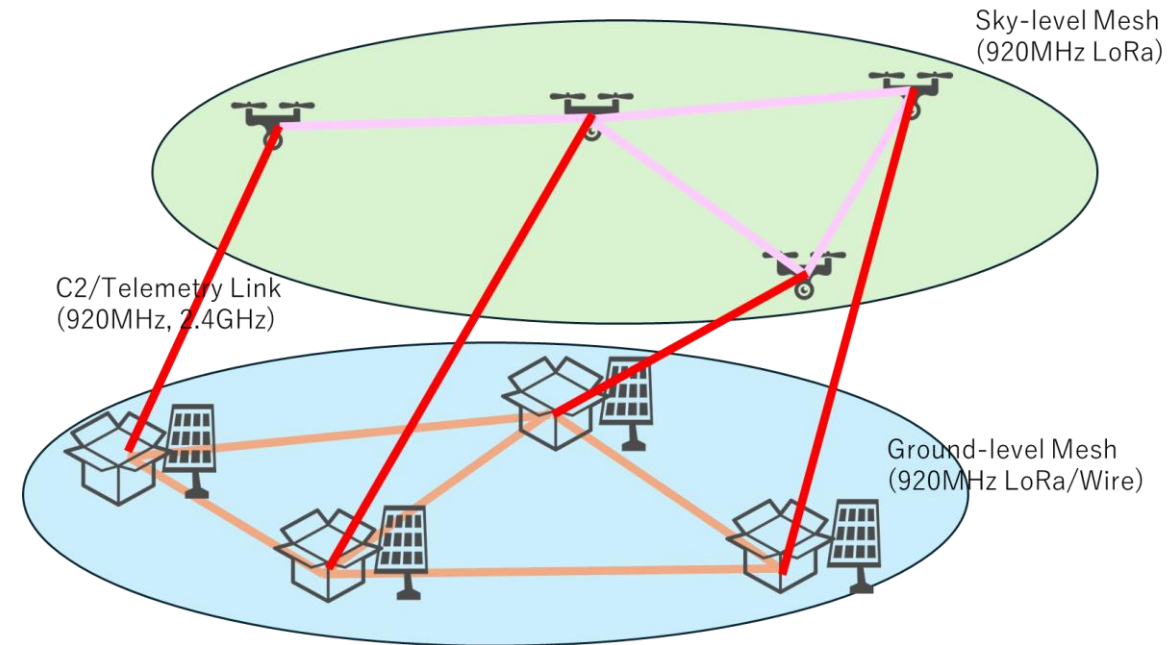


Yuichi Yaguchi and Kyoko Tamagawa, "A waypoint navigation method with collision avoidance using an artificial potential method on random priority," Artificial Life and Robotics 25(2) 278-285

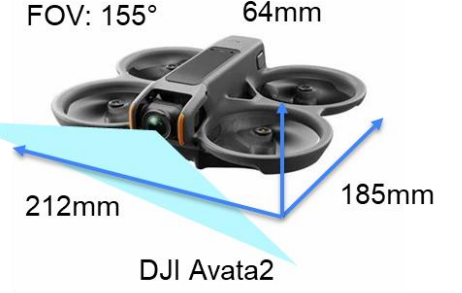
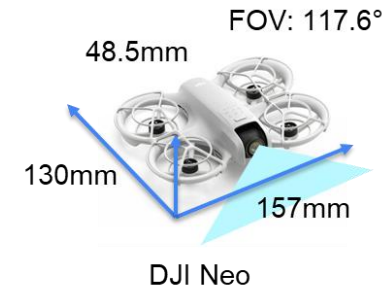
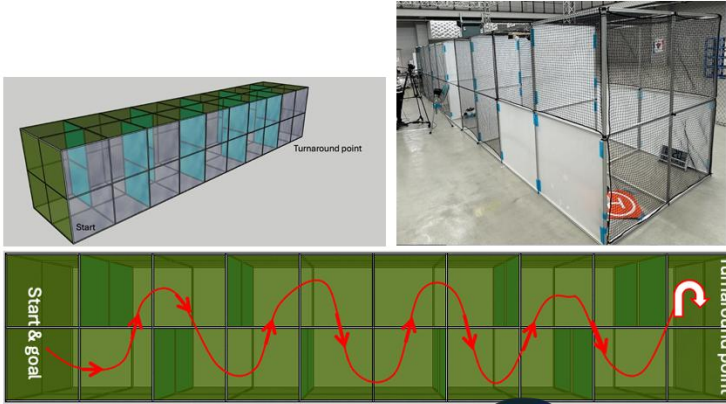
- LoRaメッシュを利用した形でのBlockchain/Lightning Netによる動態共有 - 時空間IDを用いる
- Detect and Avoidを中心としたUTMの動態管理の新しい方法論

時空間IDで作れる未来

- 動的LiDARマッピング＋認識技術による『動態情報共有』



2025テーマ: AIによる空間認知と自動航行 – Drone STMに向けて



Flight horizontal



Flight Vertical



DJI Neo

DJI Avata2

課題: LiDAR SLAMだと、視線方向によって縫合ができない
Visionだと、テクスチャレスなので、位置関係が分からない
ドローンの重量、分電等の課題、通信系の課題
→ AIによる『移動可能方向の提示』に基づく回避を研究
(その他、NEDO ReAMo, JUTMの活動は継続)