

見学者様宛説明資料

2021年6月21日

ドローンによる東京湾縦断飛行について — 国交省ドローン物流プロジェクト —

一般財団法人先端ロボティクス財団

野波 健蔵

説明の内容

1. **背景と東京湾縦断飛行の目的**
2. **東京湾縦断飛行の経路**
3. **東京湾縦断飛行の準備状況**
4. **なぜ、カイトプレーンか？**
5. **東京湾縦断飛行の技術と安全対策**
6. **東京湾縦断飛行の今後の予定と展望**

東京湾縦断飛行と将来構想

- 1. 首都圏の2つの政令指定都市(横浜市・千葉市)を結ぶ、空の物流ドローンハイウェイ(将来的には東京、川崎や、必要に応じて南房総と三浦半島繋ぐ)**
 - ・湾岸道路、アクアラインという地上交通網とは別の第3の大動脈・空の交通システム
 - ・慢性的な地上交通システムの渋滞回避を実現する環境に優しいエコシステム
 - ・BtoB、または、BtoCのビジネス便による便利、低価格システム
- 2. 最近の大型台風・集中豪雨など大規模災害に対応できる防災・減災システムとして機能(ドクターヘリと連携した空からの救急医療)**

空からの被災地調査や救援物資の搬送
- 3. 想定される首都直下地震に対する災害救援物資搬送のための物流ドローンハイウェイ**
 - ・想定される首都直下地震時には多くの陸路は寸断されて地上交通は麻痺
 - ・こうした大災害時に最も効果的なアクセス方法は空であり、物流ドローンハイウェイは大活躍することが期待される
 - ・非常時の災害に備えるためにも、平常時に物流ドローンハイウェイとして稼働していること



羽田空港

着陸地点
稲毛海浜公園

海ほたる

離陸地点
幸浦・ESR社敷地

48.0 km
17
10

18

9

19

20

21

6

7

8

5

22

23

24

27

28

29

30

31

32

33

34

35

36

37

38

39

40

41

42

43

44

45

46

47

48

49

50

51

52

53

54

55

56

57

58

59

60

61

62

63

64

65

66

67

68

69

70

71

72

73

74

75

76

77

78

79

80

81

82

83

84

85

86

87

88

89

90

91

92

93

94

95

96

97

98

99

100

101

102

103

104

105

106

107

108

109

110

111

112

113

114

115

116

117

118

119

120

121

122

123

124

125

126

127

128

129

130

131

132

133

134

135

136

137

138

139

140

141

142

143

144

145

146

147

148

149

150

151

152

153

154

155

156

157

158

159

160

161

162

163

164

165

166

167

168

169

170

171

172

173

174

175

176

177

178

179

180

181

182

183

184

185

186

187

188

189

190

191

192

193

194

195

196

197

198

199

200

201

202

203

204

205

206

207

208

209

210

211

212

213

214

215

216

217

218

219

220

221

222

223

224

225

226

227

228

229

230

231

232

233

234

235

236

237

238

239

240

241

242

243

244

245

246

247

248

249

250

251

252

253

254

255

256

257

258

259

260

261

262

263

264

265

266

267

268

269

270

271

272

273

274

275

276

277

278

279

280

281

282

283

284

285

286

287

288

289

290

291

292

293

294

295

296

297

298

299

300

301

302

303

304

305

306

307

308

309

310

311

312

313

314

315

316

317

318

319

320

321

322

323

324

325

326

327

328

329

330

331

332

333

334

335

336

337

338

339

340

341

342

343

344

345

346

347

348

349

350

351

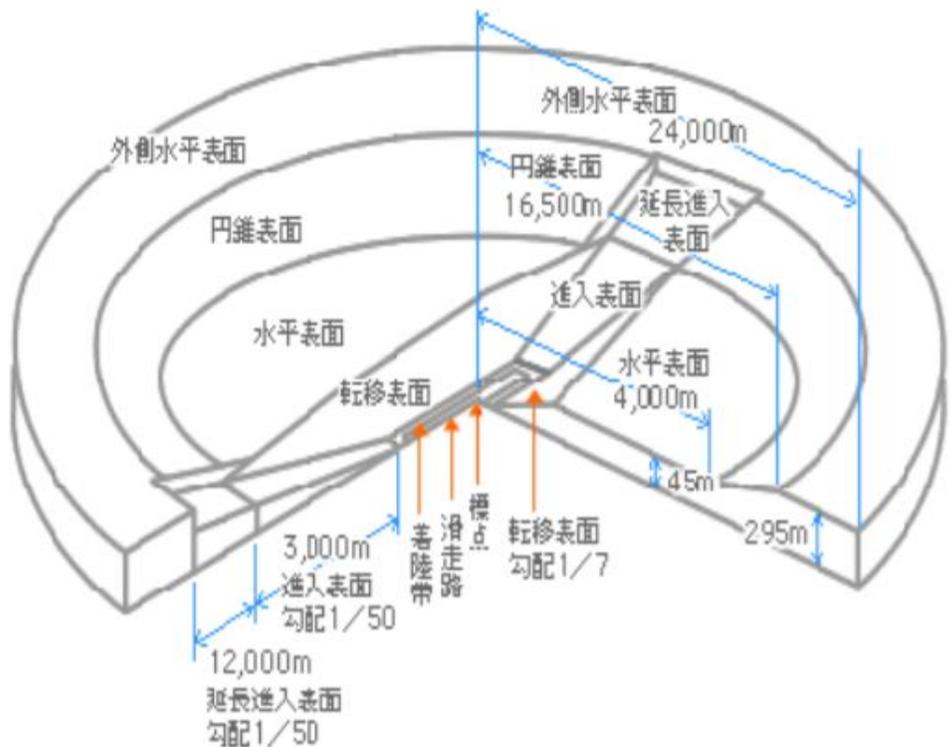


東京国際空港外側水平表面

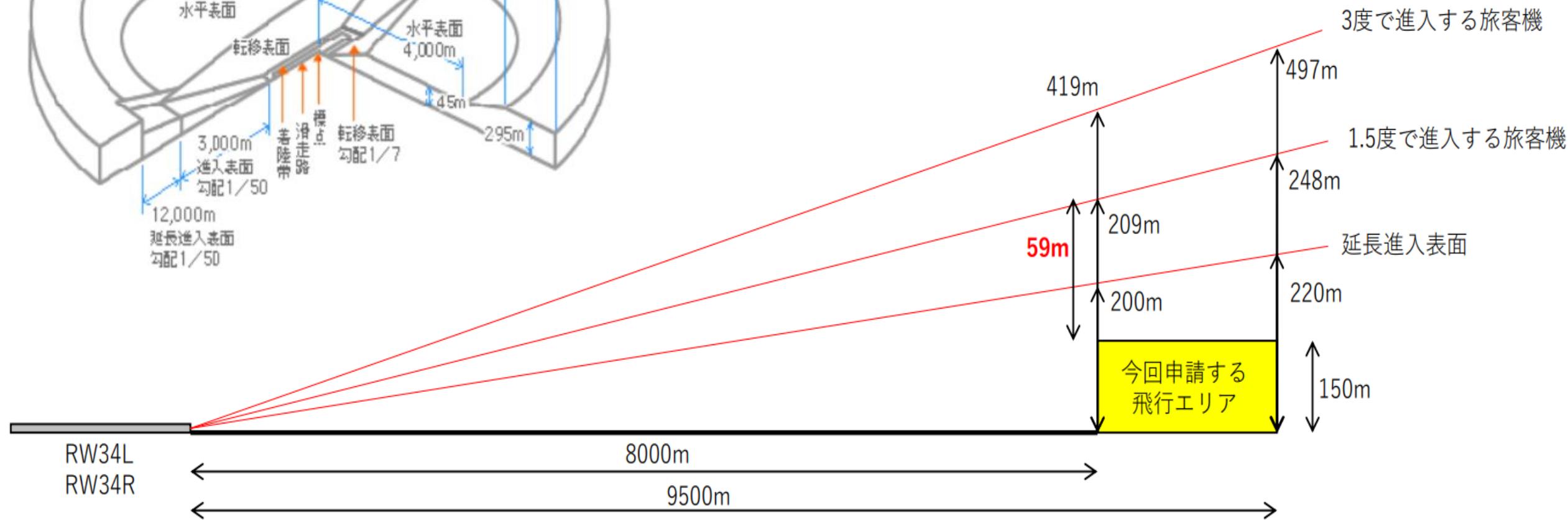
FAAニアミス定義
半径150m、高度差60m

羽田空港着陸アプローチの旅客機との高度差 RW34L/RW34R使用時

制限表面のイメージ図



FAAニアミス定義
半径150m、高度差60m



東京湾縦断飛行に向けたこれまでの準備(構想から2年)

1. 50km長距離レベル3の機体システム・自律飛行システム・通信システム

- ・高信頼性のフライトコントローラ(FC)設計・製作(2019.秋~2020.6)
- ・機体改修と新FC実装による熊本での飛行試験(2020.6~2020.8)
- ・冗長系920MHz帯の通信テストとトラブル(2020.7~2020.9)
- ・915MHz帯のトライアルとソフトバンクとの交渉(2020.9~2020.10)
- ・351MHz帯の検討・技適取得・デジタル簡易無線局開局許可・通信試験(2020.11~2021.5)

2. 港則法、海上交通安全法等の許可取得

- ・千葉海上保安部、横浜海上保安部から港則法による許可承認取得(2020.9~2021.6)
- ・第3管区海上保安本部から海上交通安全法による許可承認取得(2020.9~2021.6)
- ・羽田空港事務所、東京ヘリポート、東京消防庁航空センター、警視庁東京湾岸警察署
- ・千葉市ドクターヘリ、千葉県警、千葉市港湾事務所、千葉市漁協関連
- ・横浜市ドクターヘリ、神奈川県警、横浜市港湾事務所、横浜市漁協関連

3. 離着陸地点の許可承認

- ・着陸地点の許可(千葉市経由)
- ・離陸地点の許可(横浜市経由)
- ・中間地点の許可(NEXCO東日本・海ほたる)

● 諸元

全長	2,290 mm
全幅	2,970 mm
全高	1,295 mm
主翼面積	2.40 m ²
機体重量	24.0 kg 以下 (全備重量)
プロペラ	直径 583mm
エンジン	2サイクルガソリン型 / 80cc ネット7.5PS
エンジン型式	小松ゼノア製 G800BPU
点火プラグ	チャンピオン RCJ7Y
使用燃料	無鉛レギュラー混合ガソリン
混合比	50 : 1
燃料タンク容量	4 リットル (2.8kg)



● 構造

構造名	材質
主翼	ナイロクロス
水平尾翼、ラダー	バルサ材+フィルム貼り
胴体部	FRP
支柱類	カーボンパイプ
脚	硬鋼線
タイヤ	ゴム(軸アルミ)

● 性能

上昇率	100 m/min
積載能力	5kg
航続時間	28時間
飛行速度	28 ~ 60 km/h
ペイロードボックス搭載重量	5kg
ペイロードボックス容量	30 リットル



【機体】		
全長		2,305mm
全幅		2,780mm
全高		1,195mm
総重量	(内ペイロード約5~6kg)	22.5kg

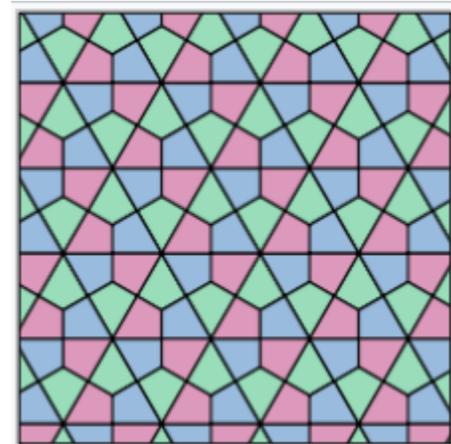
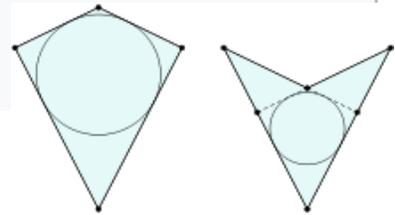
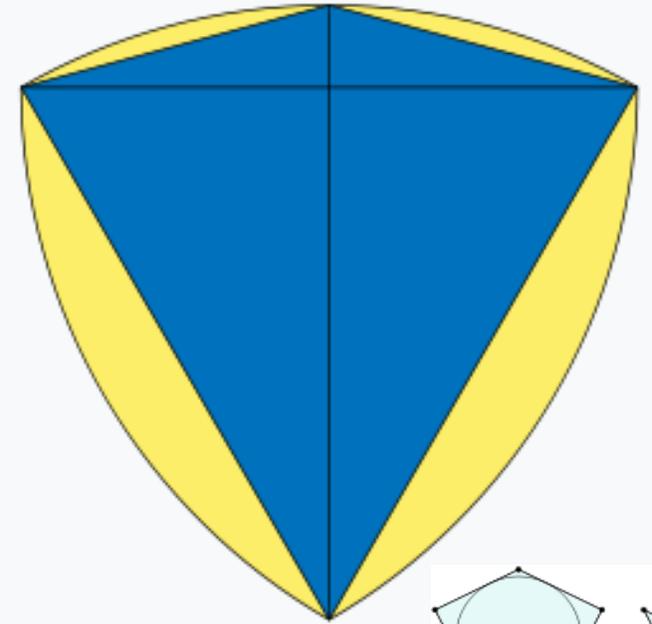
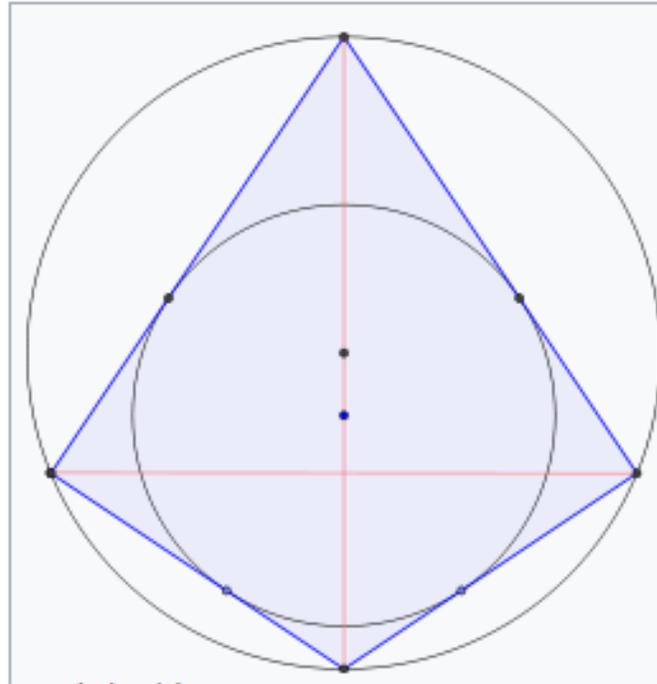
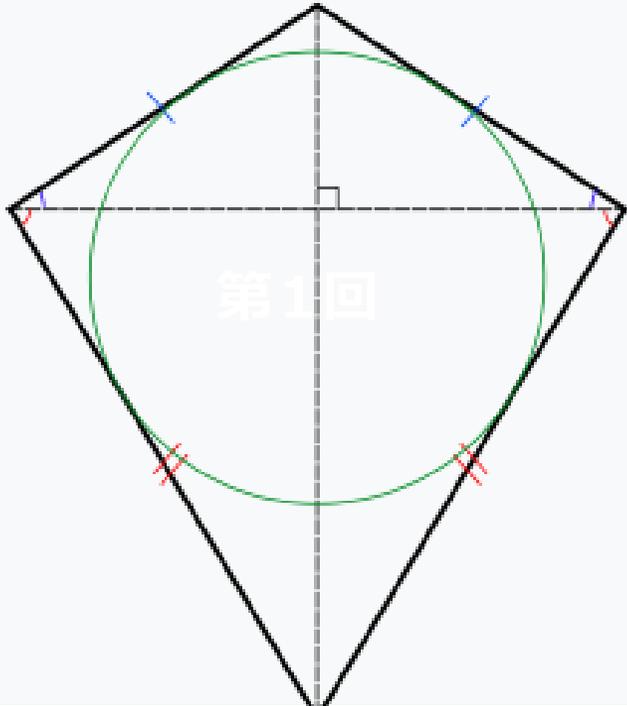
【飛行】		
時間		2~3h
速度	(最低)28km/h	(最高)60km/h
高度	(最低)50m	(最高)3,000m



- ◆30年間の実績のある機体
- ◆平成4年(1992年)長崎県雲仙普賢岳噴火時にNHKからの依頼で、ビデオカメラ搭載して空撮に成功、全国に放映
- ◆極地研究所からの依頼で、第48次(2008年)、58次(2018年)、59次(2019年)、60次(2020年の南極観測隊)で活用
- ◆中国敦煌での学術調査
- ◆桜島噴火など様々な火山噴火時に利活用

カイトの定義と性質（正三角形、正方形は凧と定義されない）

Kite



- ◆ 三角形に内接する等対角凧
- ◆ 等しい長さの辺のペア
- ◆ 内接円を有する
- ◆ 対角線は直行し、凧の面積は2つの対角線の長さの積の1/2
- ◆ 凧は四辺形であり、その4つの辺は、互いに隣接する2対の等しい長さの辺にグループ化

- ◆ デルトイダルの三六角形のタイルは、60-90-120度の内角を持つ同一のカイトフェースでできている
- ◆ 角度は60度、90度、120度
- ◆ 円に内接できる凧は、2つの合同な直角三角形から形成された凧
- ◆ 1つの円に外接し、別の円に内接している凧は、双心四角形
- ◆ 与えられた2つの円の半径を持つすべての双心四角形の中で、最大面積を持つ

カイトプレーンの滑空比と優れた安全性（パラシュート開傘相当）

- 安全性については、カイト翼そのものが、パラシュート構造を持ち滑空比データとしては、**無風時 7対1**
1m降下で7m進むデータを検証済み
(25年前環境庁 依頼で50mクレーンに下げテスト)

5から6m/sでは、3対1

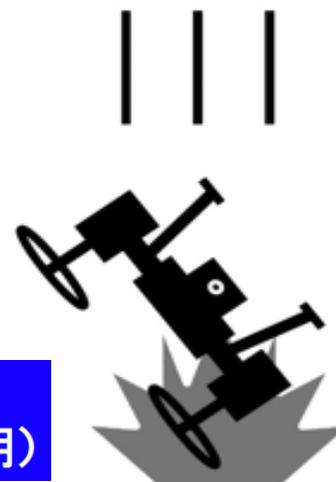
ACSL- PF1クラスのパラシュート開傘時の降下速度
=4.7m/s (NEDO性能評価試験、機体重量約10kg)

墜落イメージ

カイトプレーンの自由落下の降下速度 約5m/s (実測値)
ドローンの自由落下速度 約15m/s (実測値)



カイトプレーン



ドローン

都市部近郊における長距離飛行の留意点
1. 墜落しない優れた機体性能(型式・耐空証明)

東京湾縦断飛行に向けた高信頼性フライトコントローラ的设计方針 (1)

1. 设计の基本方針

- フライトコントローラ(FC)に関わる装置(CPU, IMU, GNSS, 電源)は二重システムとして、よりロバストなFCとする。
- 当初は、通信システムを除いてシステム1とシステム2の切換を地上局(GCS)オペレータが行うことを想定したが、通信システムを2重システムにすることで、トラブルが発生するため、今回はシングル系とする。

2. 東京湾縦断飛行用の新たな追加対策

- カイトプレーン周辺の監視機能 (ADS-B, AISによる航空機, 船舶のモニター)
- 気象データ表示機能
- 遠隔操縦機能(映像送信、コマンドアップリンク)
- 自動帰還機能
- エンジン停止機能(コマンドアップリンク、自動停止)
- MILスペックコネクタ

東京湾縦断飛行に向けた高信頼性フライトコントローラの設計方針 (2)

3. 異常発生時の対応

ケース1 通信途絶

対応1 テレメトリの351MHzと画像伝送5.7GHzは通信途絶がないと想定

対応2 万一、途絶の場合は自動帰還

ケース2 センサー異常・自動操縦異常

対応1 オペレータがGCSを介して異常を判断

対応2 異常時はオペレータが自動航行を切換えて遠隔操縦または自動帰還

対応3 最悪時はエンジン停止の上、海上に落下させる

ケース3 飛行経路上に航空機を検知したり、海面上に大型船舶を検知

対応1 地上局から飛行進路・高度を変更

対応2 遠隔操縦

対応3 自動帰還

対応4 エンジン停止

東京湾縦断飛行に向けた冗長系フライトコントローラの設計方針 (3)

4. 対応できないケース

- 舵面異常(何らかの理由で機体の操舵が不能、ノーコン)
- エンジン異常(燃料切れ、ノーコン)
- ADS-B、AIS、機体カメラで検知できない場合
- 上記以外の故障発生(火災等)

参考データ
(2020.8末まで)

累積飛行時間 **10.49 時間**
累積飛行距離 **432.751 km**

2021年4月12日時点

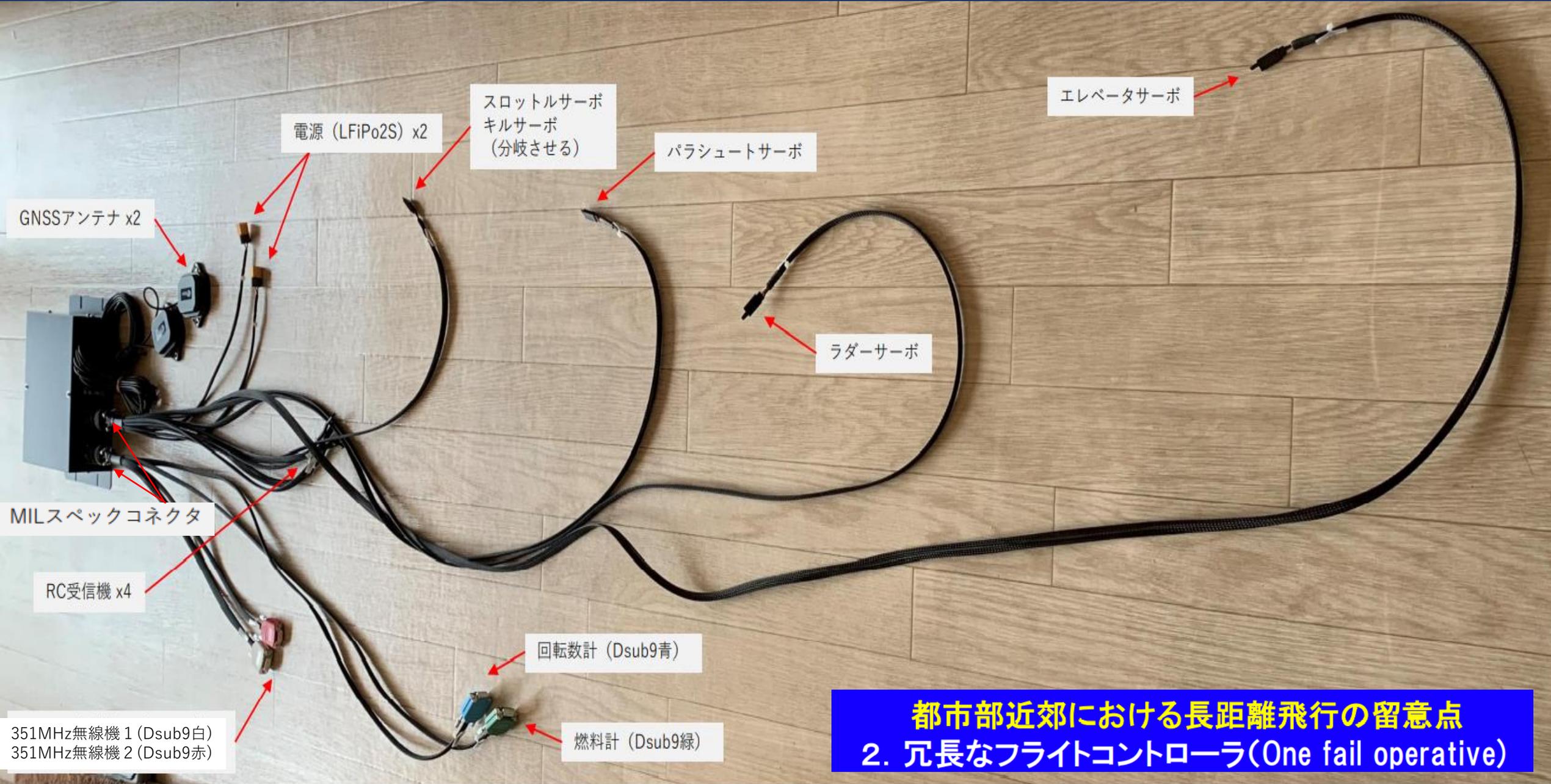
累積飛行時間：30.49時間

累積飛行距離：1152.7km

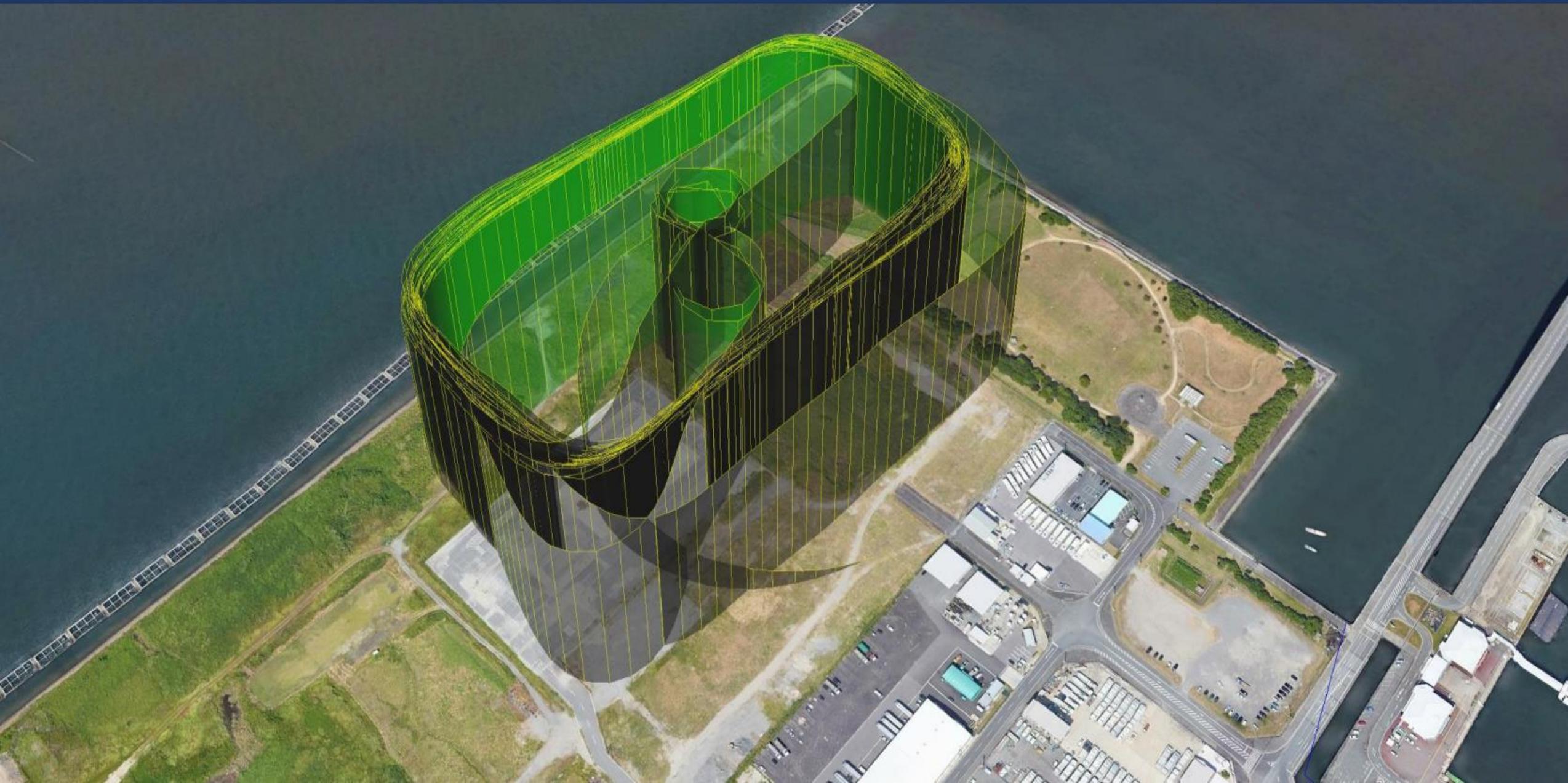
6月21日時点：約1,500km~1,600km

No.	日にち	場所	飛行開始 (UTC)			飛行終了 (UTC)			飛行時間 [時間]	飛行距離 [km]	燃料 [l]	風	
			[時]	[分]	[秒]	[時]	[分]	[秒]				[-]	[m/s]
1	2020/3/22	熊本新港	6	27	31	8	0	3	1.54	67.960	不明	西	1
2	2020/3/23	熊本新港	2	20	48	3	50	21	1.49	56.314	2	北西	5
3	2020/3/24	熊本新港	23	53	50	1	24	42	1.51	68.759	2	北西	2
4	2020/3/24	熊本新港	1	41	4	3	12	18	1.52	71.178	2	北西	2
5	2020/6/10	熊本新港	記録なし	記録なし	記録なし	記録なし	記録なし	記録なし	0.10	3.646	3	南西	8
6	2020/7/21	熊本新港	6	53	54	7	15	8	0.35	10.873	1	南西	8
7	2020/7/22	熊本新港	3	23	56	4	22	46	0.98	36.049	3	南西	9
8	2020/7/22	熊本新港	5	14	0	6	43	14	1.49	47.270	3	南西	8
9	2020/8/24	久住滑空場	3	24	24	4	54	32	1.50	70.702	3	東	1.5

東京湾縦断飛行用冗長型フライトコントローラ



熊本新港での90分連続長時間飛行試験(2020.11.24試験)



カイトプレーン着水・エアバッグ稼働試験(2020.10.30試験)



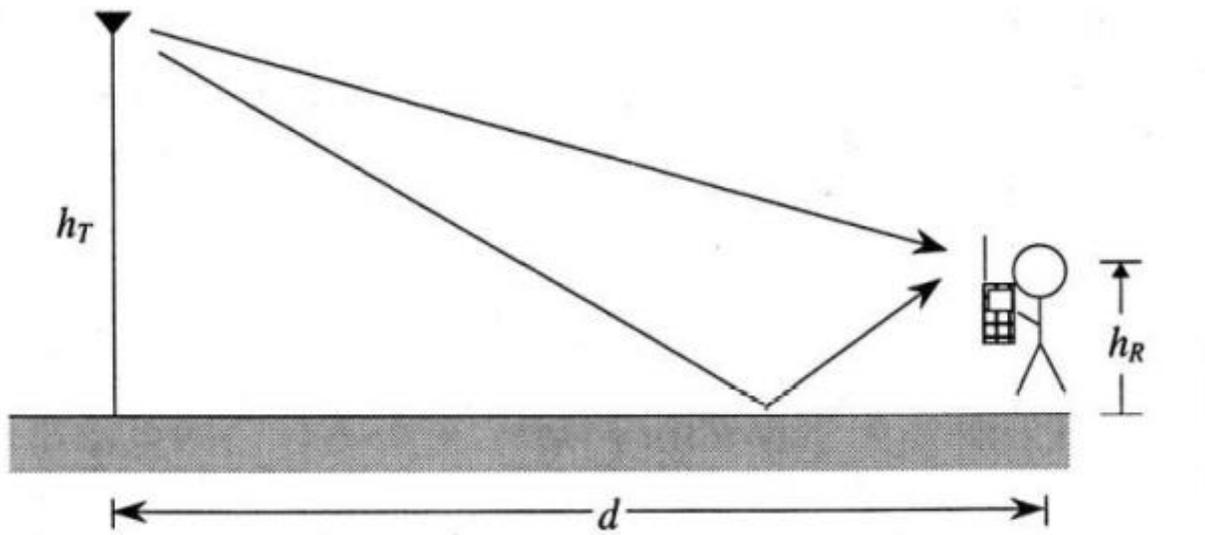
着水後1時間経過後の状況



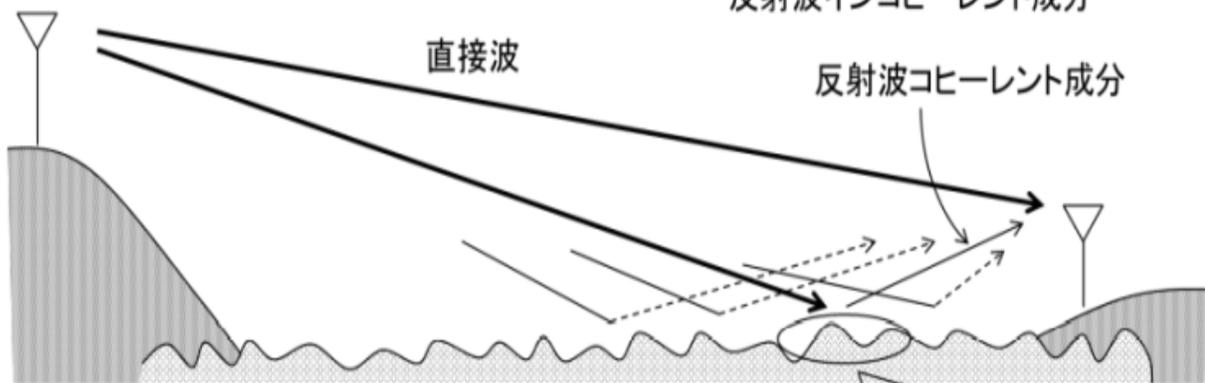
エアバッグ作動時と収納袋



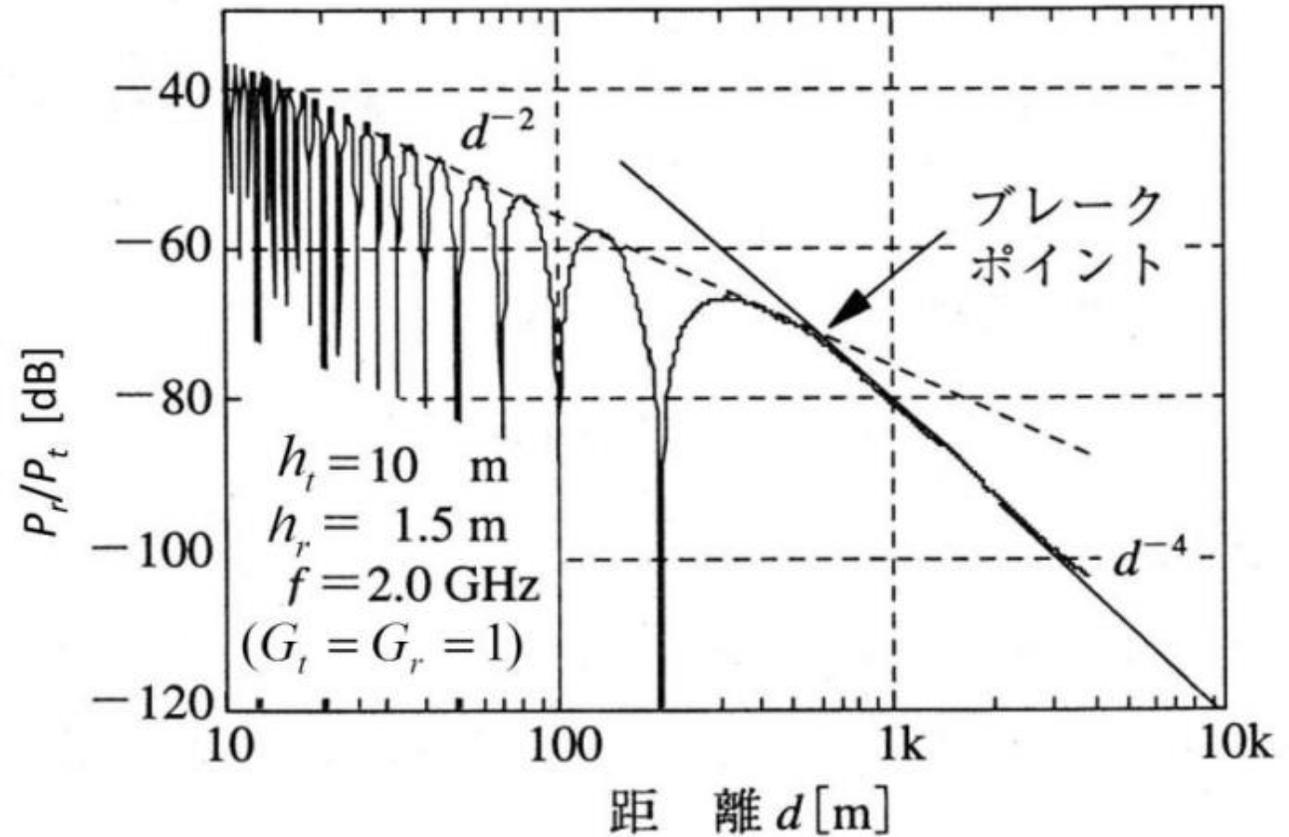
粗面散乱における直接波と反射波の干渉による送受信電力比



点線の集まり:
反射波インコヒーレント成分



コヒーレント成分の主な寄与エリア:
鏡面反射点を中心とした第一フレネルゾーン



351MHz帯のデジタル簡易無線局（登録局）について

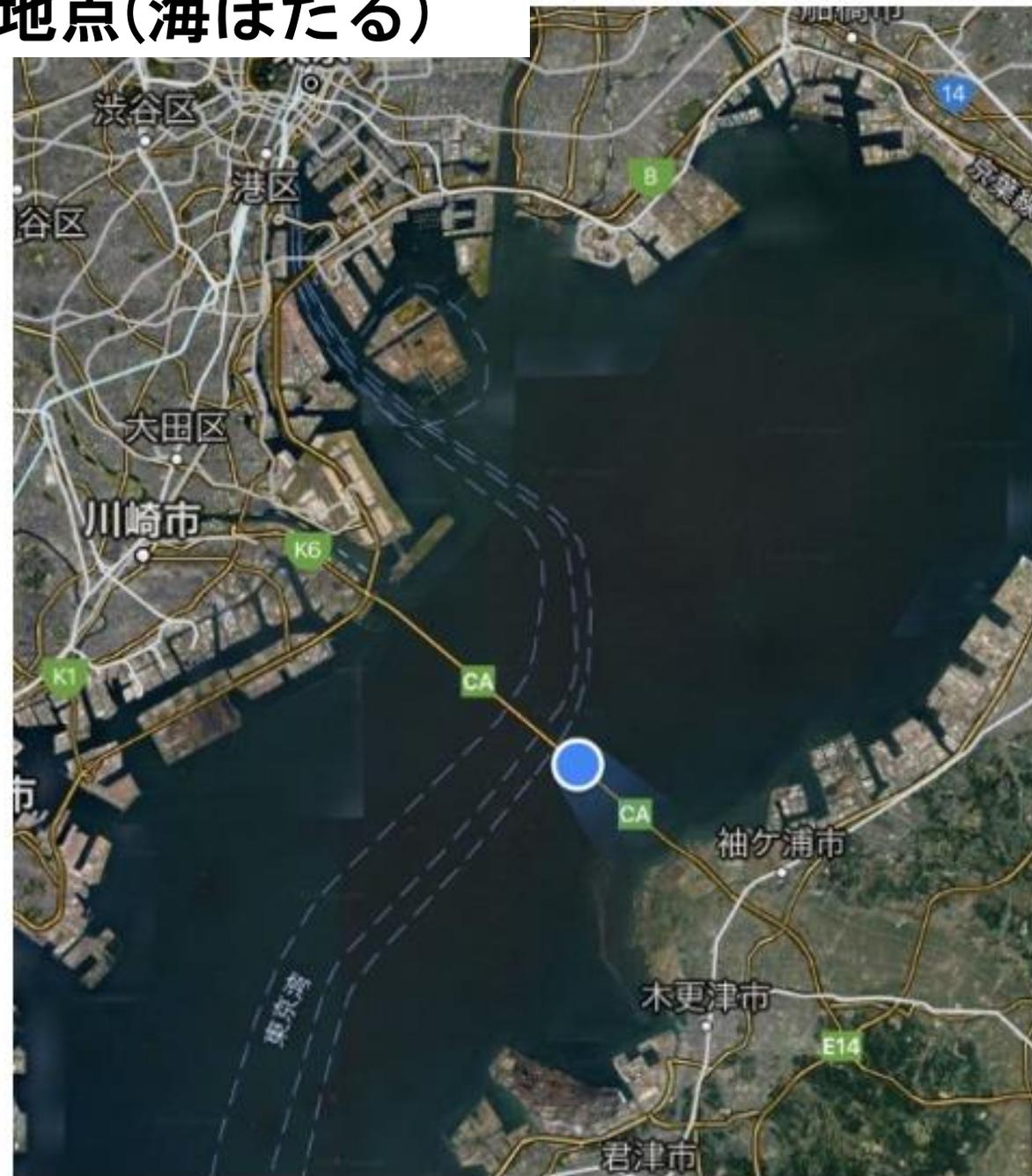
デジタル簡易無線局（登録局）は、平成20年8月に制度化された、従来の免許局と違い簡単な手続きで使用できる新しいタイプの簡易無線局です。

区分	デジタル簡易無線局（免許局）	デジタル簡易無線局（登録局）	
		無線設備の種別：3R	無線設備の種別：3S
特徴	<ul style="list-style-type: none"> 無線局免許が必要 高出力（最大5W） 免許人以外での使用は不可 陸上での使用に限定 	<ul style="list-style-type: none"> 免許局と比べて簡単な「登録手続き」にて利用可能 高出力（最大5W） 免許人以外でも使用可能（レンタル可） 一部のもの（種別が「3S」のもの）は上空使用可（最大出力1W） 	
利用シーン	<ul style="list-style-type: none"> 主に企業等における業務用通信 	<ul style="list-style-type: none"> 企業等における業務通信 免許人以外も利用できることから、イベント等におけるレンタル機器として利用 個人等におけるレジャー通信 	
チャンネル数	28チャンネル（150MHz帯のもの） 65チャンネル（460MHz帯のもの）	30チャンネル（351MHz帯のもの） （注1）	5チャンネル（351MHz帯のもの）
空中線電力	最大5W	最大5W	最大1W
使用可能場所	陸上（150MHz帯） 陸上・日本周辺海域（460MHz帯）（注3）	陸上・日本周辺海域（注3）	陸上・日本周辺海域・上空（注3）
キャリアセンス機能（注2）	なし	あり	



東京湾縦断飛行離陸地点（横浜市金沢区幸浦1-8-1 ESR社敷地）

東京湾縦断飛行中間地点(海ほたる)





いなげの浜

稲毛海浜公園
ピクニック、
散策、
レクリエーション
スポーツ

7丁目

稲毛海浜公園公衆トイレ

稲毛海浜公園
多目的広場

稲毛海浜公園プール

稲毛海浜公園
テニスコート

© 2021 Google

本実証実験の安全対策（1）

（1）離発着地点の安全確保

ドローン離陸場所は横浜市金沢区幸浦1-8-1のESR社周辺で、離陸時は私有地のため一般人はいない。着陸時は千葉市美浜区稲毛海浜公園第一駐車場で、この場合も着陸エリアには人の立ち入りを禁止する。

（2）長距離飛行用の高度な高信頼性システム採用

東京湾縦断50km飛行を安全に実現できる高信頼性のオートパイロット、50kmを完全にカバーできる通信系である。このため、50km飛行中の通信途絶はないと想定している。それでも、通信機すべてが一定時間途絶した際は、フェールセーフとして自動帰還させる。

（3）機体オペレーションの安全対策

離陸地点、着陸地点にて操縦者と補助者をつける。基地局において、機体自身（操舵・燃料系）の異常や、経路逸脱の有無や位置、速度、高度及び姿勢等の異常の有無を把握し、異常時はエンジンに操縦系とは別の無線機で動くキルスイッチにより、エンジン停止を行う。なお、機体搭載のカメラにより機体の進行方向と海上の様子を監視し、船舶上空を飛行しない経路変更を行う（第三者上空飛行は行わない）。

本実証実験の安全対策 (2)

(4) 航空機との十分な離隔距離確保

飛行中において、ADS-Bで航空機の接近が確認される場合、ウェイポイントを変更して離隔距離を十分に確保する。

(5) 飛行中止の判断基準

離陸地点での地上風速が平均風速 5m/秒を超える場合は、飛行を中止する。経験的に地上風速が平均風速 5m/秒以上の場合、上空 100m 付近では平均風速 10m/秒以上となり、目標軌道からの追従誤差が大きくなるため。一方、雨等には十分耐える構造であるため、大雨でない限り飛行中止は考えない。なお、飛行中の対地速度が25 km/時以下、または、75km/時以上の飛行速度が5秒間以上継続した場合は、飛行を中止し自動帰還させる。

(6) 万一の墜落事故に対する対応

万一の墜落事故に対しては、「海ほたる」に有人高速艇をチャーターして待機させ、墜落地点が GPS データから判明するため、墜落地点に高速艇を急行させて、墜落機体を回収する。なお、墜落機体は海面に着水時に衝撃に反応して、エアバッグ（ライフジャケット）を開傘して約 1 時間水面に浮く構造となっている。

搬送物：ジルコニア、セラミック等の歯科技工物

素材	ジルコニアレイヤリング (技工士立ち会い)	ジルコニア レイヤリング	オールジルコニア グラデーション	セラミック E-MAX	オールジルコニア 単色	CAD/CAM 冠	メタルクラウン
写真							
素材の特徴	専属の技工士立ち会いのもと、色調・形態・適合など最高グレードの補綴物を製作します	人工ダイヤモンド素材を内面に入れ表面をセラミックスで何層にも色分けして審美表現します	何層にも色分けされたブロックを削りだして製作します	すべてセラミックで審美表現します	人工ダイヤモンド素材で歯全体を作ります。強い強度を持ちます。	保険で認められたプラスチックブロックで全体を作ります	保険で認められた金属で全体を作ります
費用	¥120,000 (税別)	¥98,000 (税別)	¥80,000 (税別)	¥70,000 (税別)	¥50,000 (税別)	保険適用	保険適用
当院の保証期間	5年	5年	5年	5年	なし	なし	なし
審美性 <small>歯肉の色影響や透明感</small>	★★★★★	★★★★★	★★★★★	★★★★★	★★★★★	★★★★★	★★★★★
耐久性 <small>変色や摩耗</small>	★★★★★	★★★★★	★★★★★	★★★★★	★★★★★	★★★★★	★★★★★
金属アレルギー <small>使用金属の摩耗</small>	★★★★★	★★★★★	★★★★★	★★★★★	★★★★★	★★★★★	★★★★★
選ぶポイント	最も美しい最新の審美治療ブリッジにも対応	特殊な色を使わない最新の審美治療ブリッジにも対応	一般的な歯の色調を再現可能な審美治療ブリッジにも対応	透明度が高く審美性に優れている単冠のみ対応	丈夫	こだわらない	こだわらない
長所	セラミックにより残存歯とまったく同じ色調が可能 金属フレームを使用しないためアレルギーが起こりにくい 歯肉との境目が分かりにくい 歯肉の色がきれい	セラミックにより残存歯とまったく同じ色調が可能 金属フレームを使用しないためアレルギーが起こりにくい 歯肉との境目が分かりにくい 歯肉の色がきれい	グラデーションのジルコニアブロックにより歯に近い色が可能 金属フレームを使用しないためアレルギーが起こりにくい 歯肉との境目が分かりにくい 歯肉の色がきれい	透明感を持った素材で審美的に優れている 金属フレームを使用しないためアレルギーが起こりにくい 歯肉との境目が分かりにくい 歯肉の色がきれい	歯ぎしりをする患者様には適応 金属を使用しないため、アレルギーが起こりにくい	保険適用で安価	保険適用で安価
短所	なし	特殊な色の症例には不可	特殊な色の症例には不可	はぎしりがある症例、ブリッジには不可	色は単色で不透明な白色 本来の歯の色とは異なる	小臼歯、下顎第一大臼歯のみ適応 経年的に変色する	金属アレルギーの心配がある 見た目の金属色が気になる

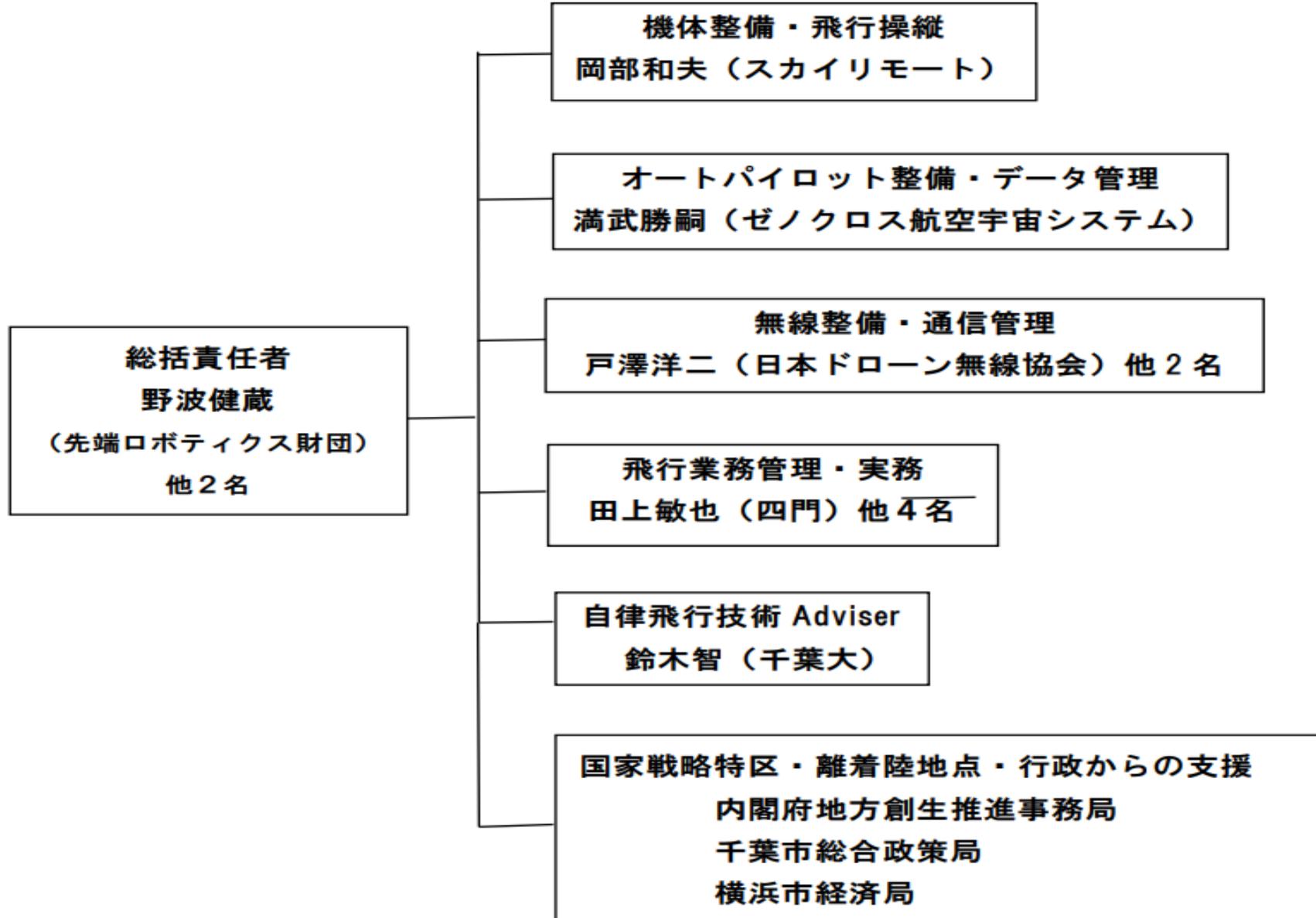
搬送物：インプラント



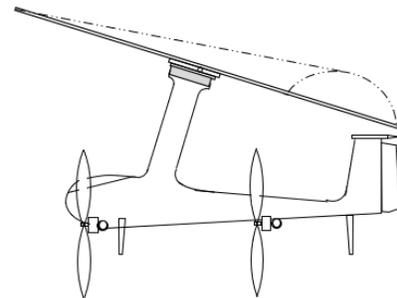
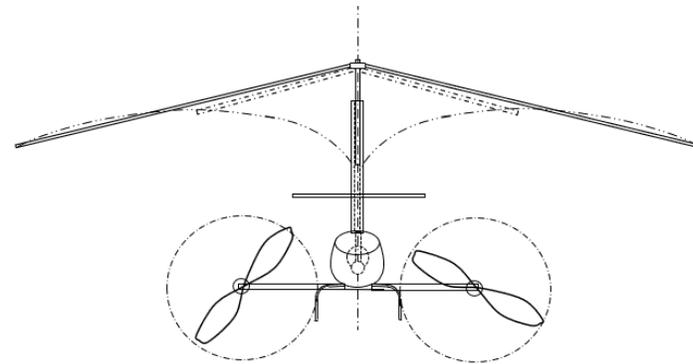
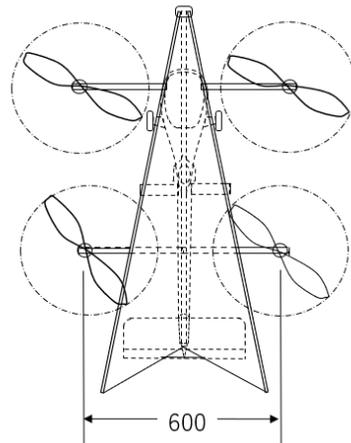
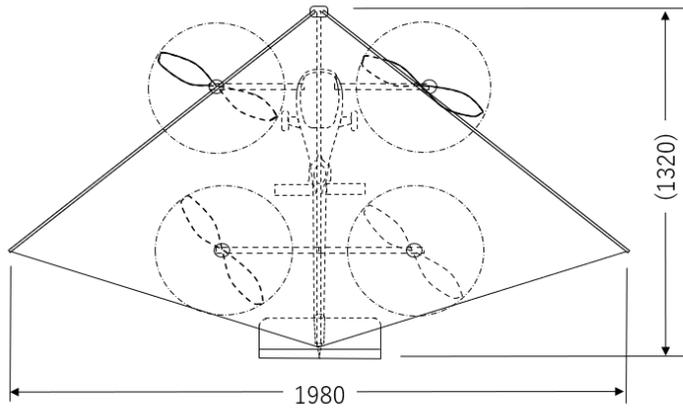
歯科でいうインプラントとは、歯を失った部位の顎の骨に人工の歯根を植え込む手術を行い、歯を作ることにより噛み合わせと見た目を回復する治療のことをいいます。

現在使用されているインプラントのほとんどは、チタンを主成分とするネジのような形をしています。植立した後に、さらにネジ構造の人工歯を取り付けるようになっています。

今回の東京湾縦断飛行実施体制（6月21日）



VTOL可変翼カイトプレーン



東京湾縦断飛行のロードマップと社会実装化の展望

2021年 目視外長距離飛行
東京湾縦断飛行
(横浜、川崎、東京—千葉)

2022年 目視外長距離飛行
東京湾縦断飛行
(横浜、川崎、東京—千葉)

2023年 第三者上空飛行許可
取得、ビジネス開始予定

東京湾縦断飛行実証実験 (VTOL カイトプレーン検証)

東京湾縦断飛行ビジネス開始

千葉市内上空の物流実証実験継続

離島・山間部でのビジネス開始

- ・飛行実績の蓄積
- ・自律飛行制御の高度化
- ・目視外・第3者上空の完全自律飛行

国交省ドローン物流PJ 体制図 2021.5~2023.3

