

模擬人工衛星の親機子機間の通信技術の確立

福井県立高志高等学校

3年

佐々木 康成

多田 優仁

森下優斗

1.目的背景

広大かつ過酷な宇宙環境では、衛星が回収不能に陥る可能性が高い。そのような環境の中でも確実に安定して情報を得るために、複数の機体との無線通信を行えるようにすることで、広範囲の情報収集を可能にするだけでなく衛星破損時のリスクマネジメントにもなる。

2.方法

CanSatを作成し、ロケットやドローン等を用いて上空に放出する。落下中に分離し環境データや姿勢データなどのデータを取得する。取得したデータを無線通信を用いて衛星間で通信すると共に、地上でも受信し取得したデータをリアルタイムで可視化する。**CanSat**の作成について、省スペース化をはかるため機体の外装を3Dプリンターで作成し、内部基板をプリント基板で作成した。また、分野ごとに目標を立てサクセスクライテリアを設定し、課題の達成度を評価した。

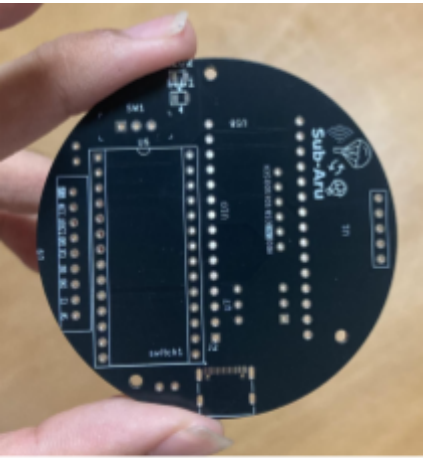


図1:作成した基板

表1:作成した機体の仕様

仕様項目	設計値	単位	補足
ロケット発射時の最大長	1204	mm	
ロケット発射時の最大径	58	mm	
全質量	290	g	
減速機構	設計値	単位	補足
減速方法	パラシュート		
設計落下速度	0.90	m/s	ふくい缶サットグランプリの結果から算出したもの
電源	設計値	単位	補足
電源電圧	3.7	V	
バッテリー容量	320	mAh	
持続可能時間(15分間隔)	3.2	h	
無線通信	設計値	単位	補足
送信の有無	有		
無線機の種類	twelite red		
使用周波数	2.4	Ghz	
送信チャンネル	18	ch	
打上機体	設計値	単位	補足
製造元	西製作		オービタルエンジニアリング製
実力中心位置(先端から) CG			
重心位置(先端から) CG			
ロケット径(φmm)			
Com 1>1.5kg(よである事)			Com=(CP-CG)/Vmax

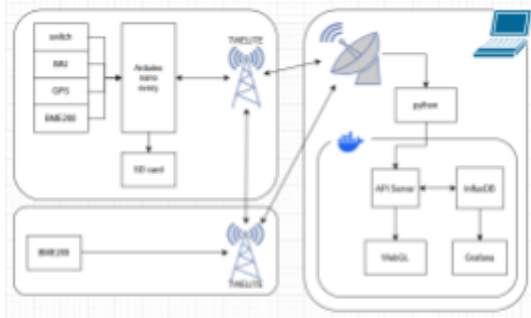


図2:通信の過程

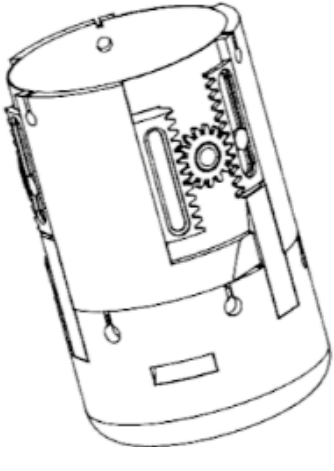
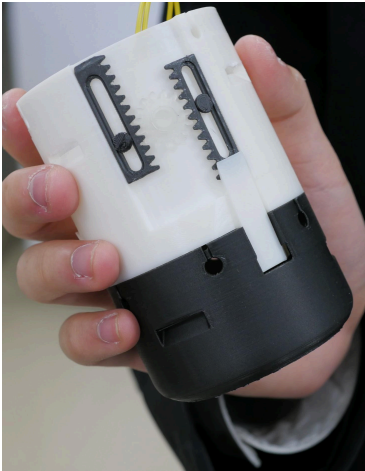


図3：左：打ち上げ機体 中：写真:作成した機体 右:機体の概要

3.結果

4つの軸を元に設定していたサクセスクライテリアを使用し、達成度を評価した。ミニマムサクセスは最低限の達成度、フルサクセスは十分な達成度、エクストラサクセスは期待以上の達成度、となっておりこれらを基準に課題の達成度を評価した。

ふくい缶サットグランプリでの結果

構造系目標のエクストラサクセスについては子機にパラシュート等の減速機構を搭載しておらず地面との衝突により破損したため達成見込みとした。また電子系目標2のエクストラサクセスについては直前に親機のTWELITEが破損したため急きょ子機のTWELITEを使用したため達成できなかった。しかし3機体間の通信用のコード自体は完成していたため達成見込みとした。

表2:ふくい缶サットグランプリでの結果

ミッション目標	ミニマムサクセス	フルサクセス	エクストラサクセス
【構造目標】 子機、親機の分離	レギュレーションに沿った機構の作成	空中での分離	地上に落下しても壊れない、何回も使える
【電子系目標1】 データの取得と保存	センサすべてに電源投入される	SDに保存される	N/A
【電子系目標2】 通信機構	地上での通信	親機↔管制局の通信	子機↔親機↔管制局の通信
【ソフト系目標】 テレメトリのDB化、視覚化	DBの用意、Dashboardの作成	ローカルでのテレメトリのDB化、視覚化	リアルタイムのDB化、視覚化



達成



達成見込み

宇宙甲子園缶サット部門全国大会での結果

構造系目標のエクストラサクセスについては子機にパラシュートは取り付けたが、パラシュートの開傘に必要な量の空気が入り込むのに時間がかかり開傘が遅れたことにより、十分な減速が行えず地面との衝突で破損したと思われる。しかし、内部の基板等の機構は正常に動作したため一部達成とした。ソフト系目標のエクストラサクセスについては、トラブルが発生し急きょ受信環境が変わったため一部データの欠損がみられたため一部達成とした。

リアルタイムでのDB化、グラフ化は下の図のとおりに可視化を行った。

表3:宇宙甲子園缶サット部門全国大会での結果

ミッション目標	ミニマムサクセス	フルサクセス	エクストラサクセス
【構造目標】 子機、親機の分離	レギュレーションに沿った機構の作成	空中での分離	地上に落下しても壊れない、何回も使える
【電子系目標1】 データの取得と保存	センサすべてに電源投入される	SDに保存される	N/A
【電子系目標2】 通信機構	地上での通信	親機↔管制局の通信	子機↔親機↔管制局の通信
【ソフト系目標】 テレメトリのDB化、視覚化	DBの用意、Dashboardの作成	リアルタイムでDB化、グラフ化	データの抜けがない



達成



一部達成



図4：取得したデータを視覚化したもの

表4：取得したデータの一部)

	Accx	Accy	Accz	Gyxx	Gyry	Gyzz	Magx	Magy	Magz	tmp	hum	pre	lat	lng	hight
[2940]	3.36	0.87	9.41	-0.03	0.07	0.03	-25.29	1803	-1262	21.43	92.99	673.04	0	0	0
[1145]	3.34	0.97	9.43	-0.12	-0.06	0	-2301	1801	-1262	19.65	25.44	1026.78	0	0	0
[4582]	3.41	0.97	9.40	-0.06	-0.1	-0.02	-2303	1803	-1262	20.59	25.27	1026.79	0	0	0
[4571]	3.41	0.93	9.41	-0.06	-0.21	0.08	-2300	1803	-1262	19.81	24.75	1026.71	0	0	0
[5767]	3.38	0.93	9.46	-0.05	0.17	-0.03	-2300	1800	-1263	19.85	24.83	1026.74	0	0	0
[9505]	3.34	0.79	9.39	0	-0.1	0	-2301	1802	-1263	19.99	25.17	1026.7	0	0	0
[7192]	3.34	0.88	9.52	-0.14	0.06	-0.2	-2302	1801	-1262	20.03	25.16	1026.76	0	0	0
[7380]	3.35	0.93	9.46	0.09	-0.02	0.02	-2300	1801	-1263	20.18	25.07	1026.71	0	0	0
[8577]	3.39	0.83	9.45	-0.08	-0.2	-0.14	-2301	1800	-1263	20.21	25.06	1026.77	0	0	0
[8765]	3.37	0.79	9.41	-0.05	-0.05	0.01	-2298	1800	-1262	20.34	25.34	1026.78	0	0	0
[9598]	3.37	0.88	9.44	-0.25	-0.21	-0.14	-2298	1802	-1263	20.37	25.39	1026.75	0	0	0
[10196]	3.37	0.89	9.34	0.12	0.36	0.01	-2303	1801	-1262	20.5	25.87	1026.74	0	0	0
[11395]	3.37	0.91	9.53	0.15	0.23	-0.13	-2299	1802	-1263	20.53	25.85	1026.79	0	0	0
[11583]	3.32	0.86	9.5	0.23	0.08	-0.09	-2297	1802	-1263	20.66	27.18	1026.69	0	0	0
[12776]	3.33	0.94	9.52	-0.25	-0.3	-0.1	-2301	1799	-1262	20.69	27.34	1026.67	0	0	0
[12607]	3.3	0.94	9.48	-0.15	0.17	0.06	-2300	1801	-1262	20.8	27.44	1026.73	0	0	0
[14163]	3.33	0.83	9.4	-0.31	-0.6	0	-2298	1798	-1263	20.81	27.1	1026.73	0	0	0
[14368]	3.39	0.91	9.34	-0.11	0.31	-0.19	-2301	1801	-1262	20.93	25.8	1026.66	0	0	0
[15172]	3.32	0.83	9.39	-0.18	-0.43	-0.08	-2303	1803	-1262	20.96	26.17	1026.66	0	0	0
[15761]	3.34	1.01	9.34	0.15	0.36	-0.17	-2298	1803	-1262	21.05	27.75	1026.69	0	0	0
[16865]	3.32	0.97	9.44	-0.06	-0.25	-0.1	-2300	1800	-1262	21.08	27.79	1026.7	0	0	0
[17154]	3.28	0.87	9.41	-0.26	0.02	-0.07	-2300	1802	-1262	21.15	26.57	1026.73	0	0	0
[18374]	3.32	0.9	9.42	-0.26	-0.35	-0.13	-2297	1803	-1262	21.17	26.54	1026.7	0	0	0
[18652]	3.35	0.86	9.42	0.12	0.17	-0.08	-2302	1802	-1262	21.26	26.48	1026.71	0	0	0
[19759]	3.33	0.85	9.48	-0.05	-0.52	-0.02	-2299	1800	-1262	21.27	26.7	1026.76	0	0	0
[19947]	3.33	0.9	9.54	-0.11	0.32	-0.1	-2300	1799	-1262	21.34	27.58	1026.77	0	0	0
[21151]	3.26	0.78	9.4	-0.11	0.34	0	-2303	1801	-1262	21.35	27.62	1026.77	0	0	0
[21356]	3.28	0.87	9.43	0.06	0.12	0.01	-2297	1801	-1262	21.41	26.27	1026.66	0	0	0
[22560]	3.36	0.85	9.31	-0.14	0.07	-0.13	-2304	1800	-1261	21.41	26.14	1026.75	0	0	0
[22749]	3.31	0.82	9.49	-0.13	0.11	-0.12	-2300	1797	-1262	21.47	27.01	1026.73	0	0	0
[23945]	3.4	0.76	9.39	-0.25	0.08	-0.07	-2303	1802	-1262	21.48	27.01	1026.77	0	0	0
[24130]	3.34	0.85	9.4	0.27	0.41	-0.06	-2298	1802	-1261	21.51	26.42	1026.67	0	0	0
[25337]	3.35	0.84	9.49	0.02	0.01	-0.04	-2299	1798	-1262	21.5	26.11	1026.75	0	0	0
[25550]	3.29	0.85	9.48	-0.35	-0.06	-0.09	-2300	1804	-1262	21.54	24.78	1026.76	0	0	0
[26746]	3.32	0.79	9.52	-0.17	-0.3	-0.08	-2298	1801	-1262	21.54	24.53	1026.76	0	0	0
[26935]	3.3	0.82	9.48	-0.39	0.39	-0.08	-2298	1803	-1262	21.56	25.62	1026.62	0	0	0
[28136]	3.23	0.75	9.35	-0.13	0.17	-0.06	-2297	1801	-1262	21.57	23.62	1026.68	0	0	0
[28327]	3.32	0.83	9.39	-0.11	0.27	-0.12	-2298	1799	-1262	21.65	24.35	1026.74	0	0	0
[29548]	3.28	0.94	9.45	-0.39	-0.06	-0.08	-2300	1803	-1262	21.67	24.32	1026.74	0	0	0
[29785]	3.34	0.89	9.48	0.11	0.1	0.02	-2298	1799	-1262	21.71	25.36	1026.69	0	0	0
[30932]	3.32	0.8	9.48	-0.01	-0.15	-0.03	-2303	1800	-1262	21.74	25.71	1026.77	0	0	0
[31121]	3.29	0.84	9.54	-0.25	-0.25	0	-2301	1800	-1262	21.76	25.83	1026.83	0	0	0
[32325]	3.31	0.82	9.53	-0.2	0.24	-0.14	-2296	1801	-1262	21.76	25.83	1026.8	0	0	0
[32538]	3.31	0.88	9.43	-0.28	0.12	-0.19	-2295	1801	-1262	21.76	26.21	1026.75	0	0	0
[33734]	3.29	0.78	9.4	-0.14	-0.33	-0.01	-2299	1801	-1262	21.77	26.19	1026.72	0	0	0

4.結論

空中での機体の分離、分離前後の子機、親機、地上間の通信、得られたデータの視覚化を行うことができた。これにより当初の目標であった模擬人工衛星の親機子機間の通信技術の確立については達成することができたとと言える。今後は機体の強度、データ抜け等の現段階における課題の解決に努める予定。

5.参考文献

KiCADで基板設計入門 | 初心者でもわかりやすく解説

<https://www.kicad.xyz/>

InfluxDB OSS v2 Documentation

<https://docs.influxdata.com/influxdb/v2/>

Grafana OSS and Enterprise | Grafana documentation

<https://grafana.com/docs/grafana/latest/>

... etc