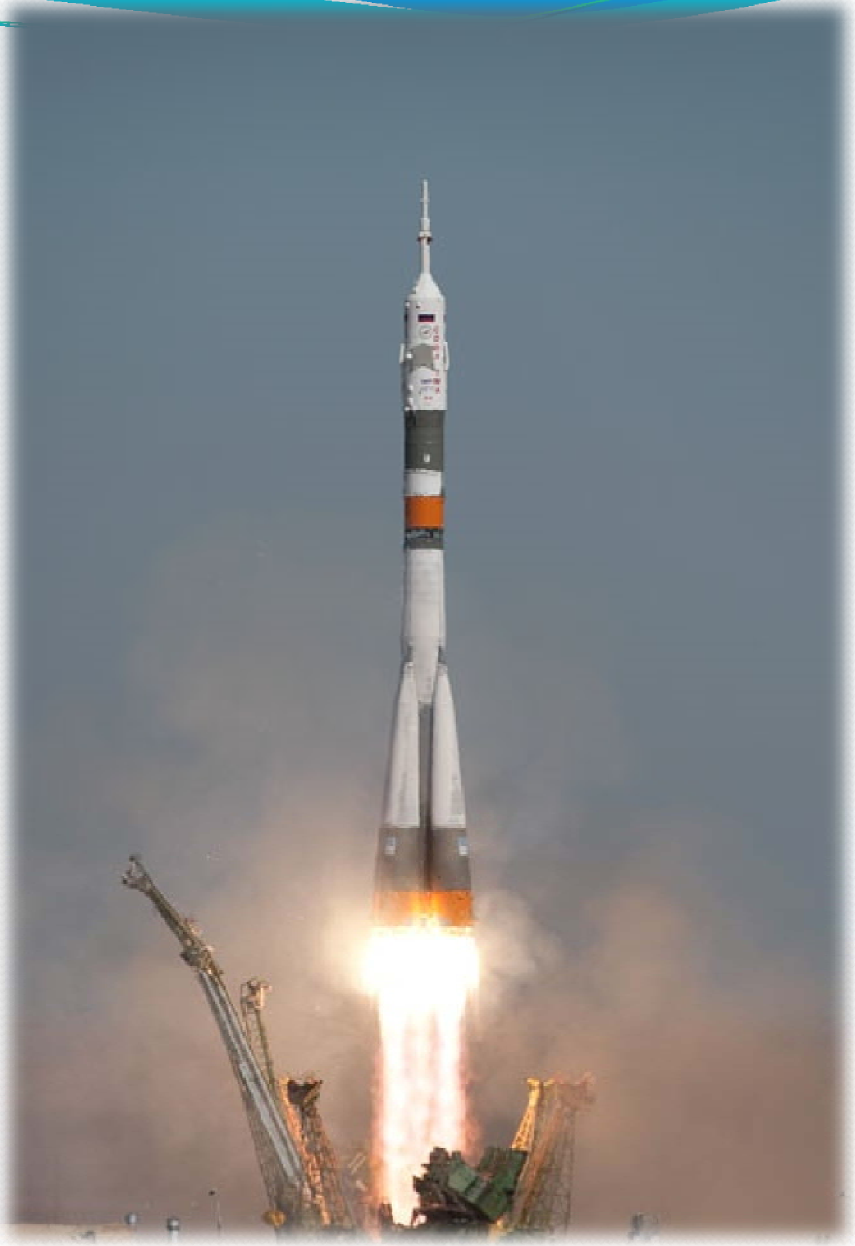
古川聡宇宙飛行士（第28次/29次長期滞在クルー）ミッション勉強会
及びソユーズ宇宙船（27S/TMA-02M）打上げに関する取材説明会

ソユーズ宇宙船（27S/TMA-02M）飛行概要

2011年4月28日
有人宇宙環境利用ミッション本部　事業推進部

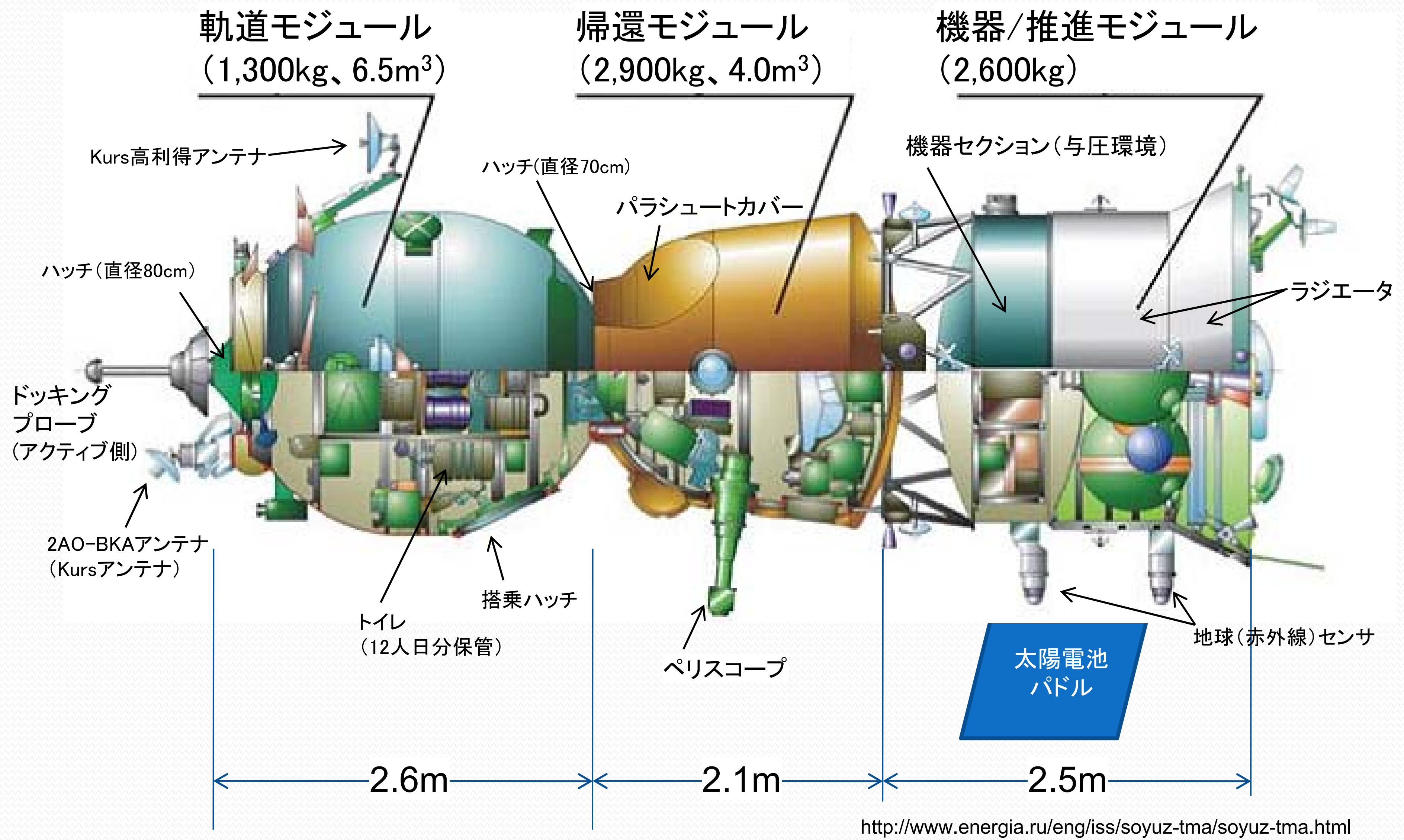
1. ソユーズ宇宙船
   (1) 構成
   (2) 主要諸元
   (3) ソユーズ宇宙船の改良
2. ソユーズロケット
   (1) 構成
   (2) 主要諸元
3. バイコヌール宇宙基地
4. 飛行概要
   (1) 打上げ
   (2) ドッキングまで
   (3) ISSとのドッキング



http://spaceflight.nasa.gov/gallery/images/station/crew-21/html/jsc2009e215138.html

1. ソユーズ宇宙船

(1)構成



http://www.energia.ru/eng/iss/soyuz-tma/soyuz-tma.html

※ Kurs: 無線自動ドッキングシステム「コーズ」、150～200km離れた地点から使用可能

1. ソユーズ宇宙船

(2)主要諸元(ソユーズTMA宇宙船)

打上げ時の重量		最大7,220kg
長さ(突起部含まず)		6.98m
モジュール直径		約2.2m (突起部を含めた最大径は2.72m)
搭乗人数		2～3人
居住可能スペース		10.3m^3
ドッキング可能高度		最大425km
搭載可能ペイロード(*)		100kg 以下(3人搭乗時)
回収可能ペイロード(*)		50kg 以下(3人搭乗時)
飛行期間(ISSミッション)		200～210 日間
着陸速度	メインパラシュート使用	最大2.6m/s、通常1.4m/s
着陸速度	予備パラシュート使用	最大4.0m/s、通常2.4m/s
使用ロケット		ソユーズFG
推進剤(自己着火性)		燃　料: 非対称ジメチルヒドラジン(UDMH) 酸化剤:四酸化二窒素(NTO)
軌道制御エンジン		推力300kg　1基(メインエンジン)
姿勢制御エンジン		推力13.3kg　14基 推力 2.7kg　12基(スラスタ)
太陽電池パドル		長さ10.7m、面積:10m^2 発電量:平均0.6kW(最大1kW)
軌道上寿命		200日間(半年毎に交換が必要)

(*)搭載・回収重量についてはP5「ソユーズ宇宙船の改良」を参照のこと

ドッキング直前のソユーズTMA-16宇宙船(20S)
http://spaceflight.nasa.gov/gallery/images/station/crew-21/html/iss020e043931.html

ISSから分離したソユーズTMA-7宇宙船(11S)
http://spaceflight.nasa.gov/gallery/images/station/crew-12/html/iss012e24219.html

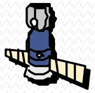
2. ソユーズ宇宙船

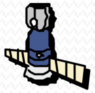
(3)ソユーズ宇宙船の改良

TM⇒TMAへ。
安全性が格段に向上
搭載コンピュータの小型化
コンピュータ/ディスプレイの機能向上
搭乗できる飛行士の制限幅が拡張

（TMA-17）

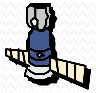
（TMA-17）

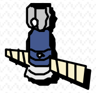




（TMA-02M）

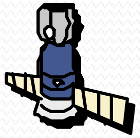
（TMA-02M）



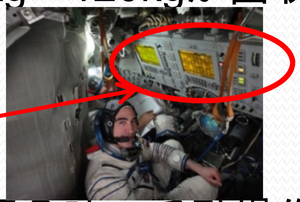


変遷： ソユーズ**TM** (1986-2002) → ソユーズ**TMA** (2002-2011末) → ソユーズ**TMA-M** (初号機：2010/10)
（古川飛行士は**2号機**に搭乗！）

TMA⇒TMA-Mへ。ここが改良された！　（外観は変化していません。。。）



- **アナログ(TMA200系)からデジタル(TMA-M700系)へ！**
  アルゴン16コンピュータを新しいデジタル方式の小型TsVM101コンピュータへ（計算能力が30倍に）
  クルーのタスクが自動化 → クルーの負荷軽減 → ノミナル時には船長のみで操縦が可能！
- 70kgも軽量化　＝　搭載ペイロードが70kgも増やせる！（これまでの50kg→120kgが回収可）
  軽量策の一例：システムモニタ用アナログプロセッサ、5台⇒1台の新機器へ



- 消費電力の削減
- 打上げ準備段階での試験の簡素化
- 「ネプチューン」ディスプレイ（座席前方）カラー化！表示情報量も増加→緊急時の手動操作支援

★**シャトル退役(2011/06予定)、ソユーズTMA退役（2011末予定）以降、**
ソユーズTMA-Mは、唯一の
"ISSクルー輸送システム"、
"ISSから地上への物資回収手段"

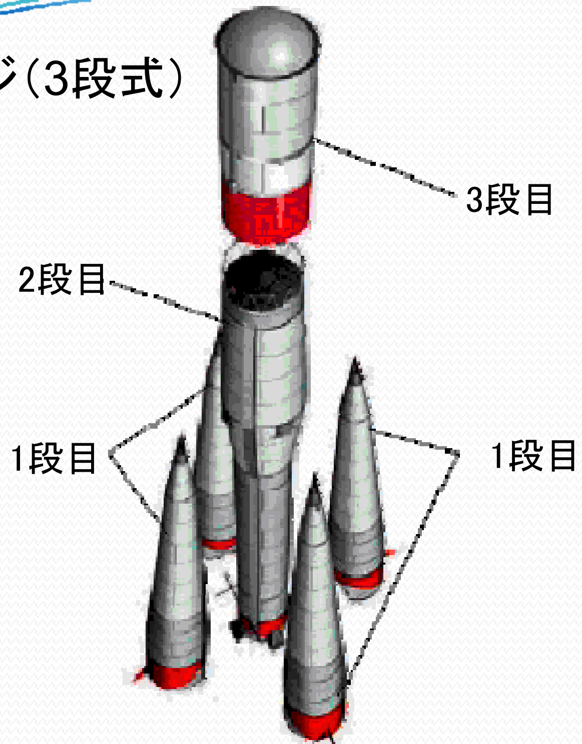
帰還

クルー帰還・装置回収

2. ソユーズロケット

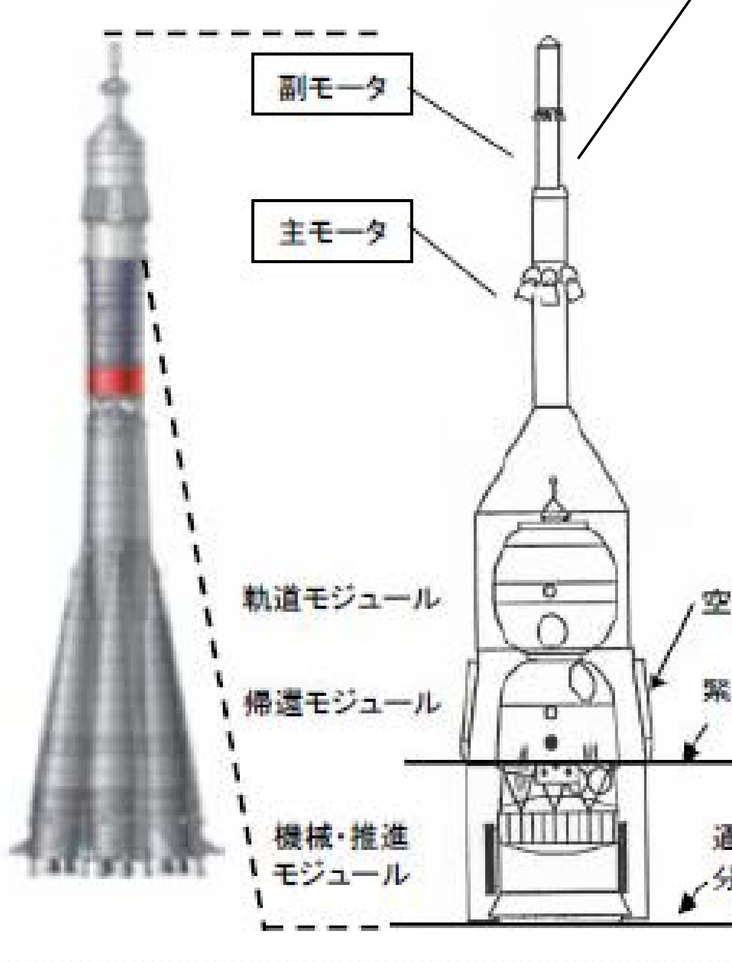
(1)構成

3ステージ(3段式)



出典:Starsem社のSoyuzユーザーズマニュアル

緊急脱出システム



推力800トンの固体ロケットモータ、5秒間燃焼

2. ソユーズロケット

(2)主要諸元(ソユーズUロケット)

打上げ場所	バイコヌール宇宙基地(有人/衛星打上げ) プレセーツク発射場(衛星打上げ)
用途	宇宙飛行士、物資の輸送、衛星打上げ　等
搭載貨物重量	6,855kg(高度220km/軌道傾斜角 51.6度) 7,050～7,450kg(ソユーズTM/プログレスM、M1ミッション時)
ロケット構成	3段式(ブースター4本を1段と見なす場合)
全長	45.22m(無人時、10.14mのフェアリングを含む) 49.3m(有人時:ソユーズTM宇宙船使用時)
最大直径	10.3m(ブースタ(1段目)のフィン間) 2.95m(2段中心部)
打上げ時重量	309.7t
打上げ時推力	5,932kN(真空中)
推進剤(全段)	酸化剤:　液体酸素　　燃料:　ケロシン
打上げ実績	1,750機(2009年11月10日の小型研究モジュール2(MRM2))
成功率	97%程度(2000年12月31日時点で97.68%)

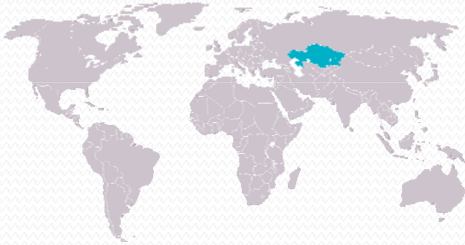
●ブースタ(1段)
- エンジン　RD-107A型　燃焼室4基×4本
- 全長　19.6m　　直径　2.68m
- 推力　838.5kN(海面)、 1,021.3kN(真空中)
- 比推力　262秒(海面)、 319秒(真空中)
- 燃焼時間　118秒
- 酸化剤　液体酸素(27.8t)　　燃料　ケロシン(11.8t)
- 重量　　43.4t(うち構造重量3.8t)

●コアステージ(2段)
- エンジン　RD-108A型　燃焼室4基(ブースタとの違いはバーニアスラスタが2→4基になっている点のみ)
- 全長　27.1m　　直径　2.95m
- 推力　990.2kN(真空中)
- 比推力　319秒(真空中)
- 燃焼時間　290秒
- 酸化剤　液体酸素　　燃料　ケロシン
- 重量　　99.5t(うち構造重量6.55t)

●3段目
- エンジン　RD-0110型　燃焼室4基
- 全長　6.7m　　直径　2.66m
- 推力　297.9kN(真空中)
- 比推力　325秒(真空中)
- 燃焼時間　240秒
- 酸化剤　液体酸素　　燃料　ケロシン
- 重量　　25.2t(うち構造重量2.41t)

3. バイコヌール宇宙基地

(1)カザフスタン共和国



3. バイコヌール宇宙基地

(2)バイコヌール宇宙基地

3. バイコヌール宇宙基地

(3)第1射点

1957年から使用開始され、
1961年4月のガガーリンの打上げに使われた発射台である。

祝 有人宇宙飛行
50周年

4. 飛行概要

(1)打上げ

・打上げ2時間前	クルーは帰還モジュールへ入室	
・打上げ20秒前	1段目(ブースタ)と2段目を同時点火	
・打上げ118秒後	1段目燃焼終了、分離、 2段目は燃焼継続	高度49km
・打上げ160秒後	緊急脱出システムとフェアリング分離	
・打上げ4分47秒後	3段目点火、2段目分離	高度167km
・打上げ8分45秒後	3段目燃焼終了	高度約202km
・打上げ8分48秒後	3段目からソユーズ宇宙船分離	
・2周回目	クルーは軌道モジュールに移り、与圧スーツを脱ぐ(ISSとのドッキング前には与圧スーツを再度着用)	

ロケット組立棟から射点へ移動(打上げ2日前)

射点で垂直に立てる(打上げ2日前)

推進剤充填開始(打上げ5時間前)

クルー搭乗開始(打上げ2時間半前)
一番上が野口宇宙飛行士(2009年12月)

打上げ

4. 飛行概要

(2)ドッキングまで

軌道投入後からISSドッキングまでの作業例

飛行1日目

・軌道モジュールに移動し、ソコール宇宙服を脱ぐ。
・二酸化炭素除去装置起動。
・各システムの点検。テレメトリデータとビデオデータダウンリンク。
・各システムの状態及びクルーの健康状態について地上に報告。
・姿勢制御。
・軌道調整(2回)。

ISSに接近するTMA-17

帰還モジュール内部(TMA-9/13S)

飛行2日目

・各システムの点検。テレメトリデータとビデオデータダウンリンク。
・二酸化炭素除去装置のカートリッジ交換。
・高度調整。
・姿勢制御。

軌道モジュール内部での食事(TMA-9/13S)

飛行3日目

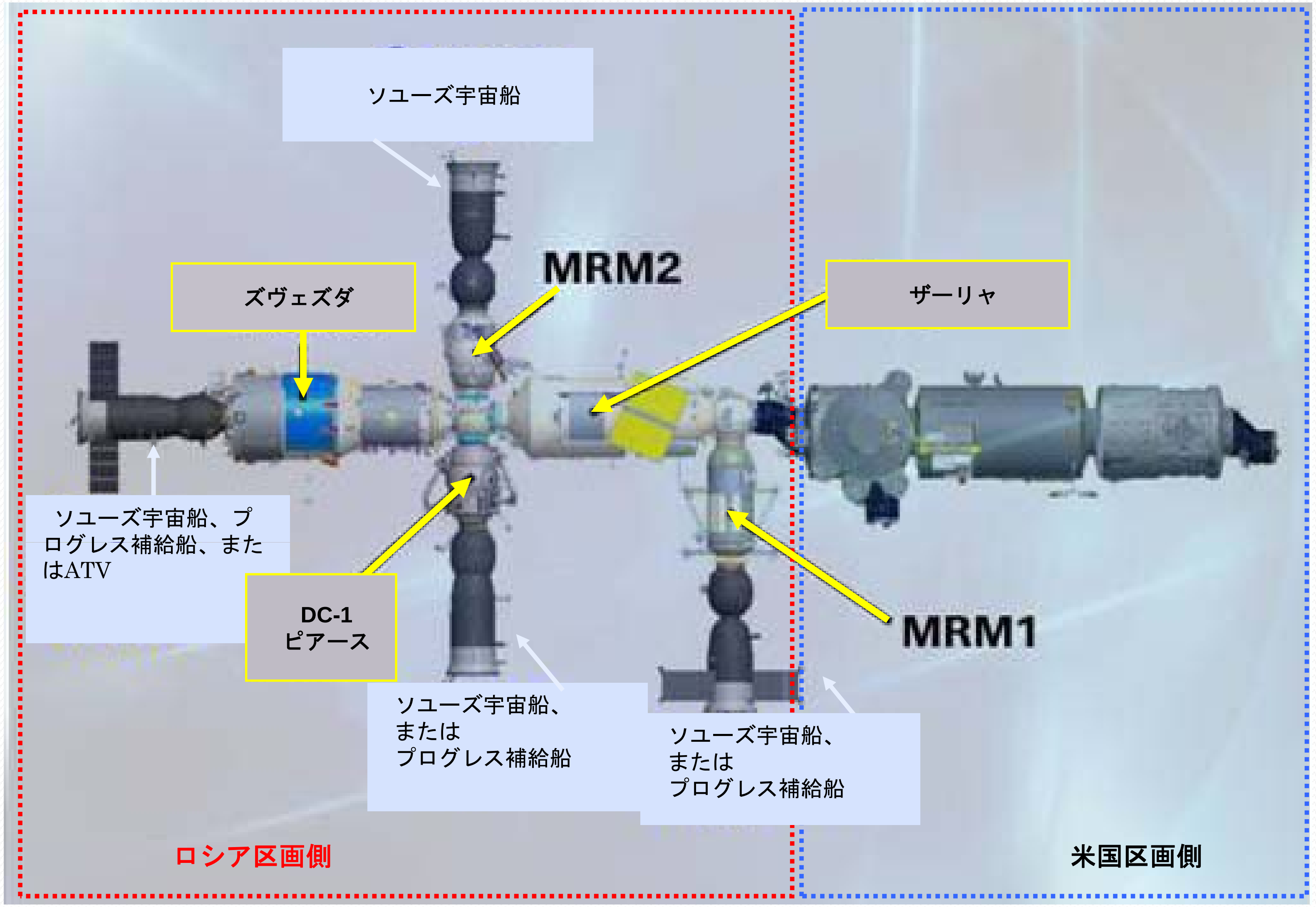
・テレメトリデータとビデオデータダウンリンク。
・軌道モジュールと帰還モジュールの圧力確認・報告。
・ソコール宇宙服に着替え、軌道モジュールと帰還モジュール間のハッチを閉鎖し、帰還モジュールに着席。
・ドッキングフェーズはクルーによる監視。
・ドッキング後は、軌道モジュールへ移動しソコール宇宙服を脱ぐ。
・すべてのモジュール内の圧力確認・報告。
・ハッチ開放、ISS内へ入室。

ISSへドッキング後の21Sクルー
(左)入室準備中のｺﾄﾌ・ｸﾘｰﾏ飛行士
(右)ISSへ入室する野口飛行士

【写真出典】
http://spaceflight.nasa.gov/gallery/images/station/crew-14/html/iss014e18785.html
http://spaceflight.nasa.gov/gallery/images/station/crew-14/html/iss014e18790.html
http://spaceflight.nasa.gov/gallery/images/station/crew-17/html/iss017e019024.html

4. 飛行概要

(3)ISSとのドッキング



2010年時点のロシア区画の構成
ソユーズTMA-02Mは、MRM1「ラスビエット」にドッキングする予定