

建設機械の共通制御信号（案）

1. 目的

建設機械を上位システムからの指令に基づいて無人等で運用する際に、建設機械の制御信号を共通化することにより、自律施工技術の開発および社会実装を促進することを目的とする。

2. 検討範囲

油圧ショベルの掘削作業を対象として、機体の制御に必要なデータ（共通制御信号）について、建設機械を用いた自律施工を実現する各種コントローラ間のデータ交換の共通形式を検討する。

3. 引用規格

- ISO 15143-1: Earth-moving machinery and mobile road construction machinery — Worksite data exchange — Part 1: System architecture
- ISO 15143-2: Earth-moving machinery and mobile road construction machinery — Worksite data exchange — Part 2: Data dictionary

4. 検討結果

建設機械の共通制御信号（案）の検討結果を以下の 4.1~4.3 節に示す

4.1 全体構成

共通制御信号によって、データ交換を行う機器構成を図 1 に示す。本図中に示す施工コントローラ、自動制御コントローラ、油圧制御コントローラ間のデータ交換の形式を共通化の対象とした。

4.2 データ辞書

共通信号の主要な要素をまとめたデータ辞書を別紙 1 および別紙 2 に示す。

4.3 実装例

別紙 1,2 のデータ辞書に基づき、施工コントローラと自動制御コントローラ間のデータ交換（図 1 中の C1、C2）についての実装例を別紙 3 に示す。同様に、自動制御コントローラと油圧制御コントローラ間のデータ交換（図 1 中の D1、D2）について実装例を別紙 4 に示す。

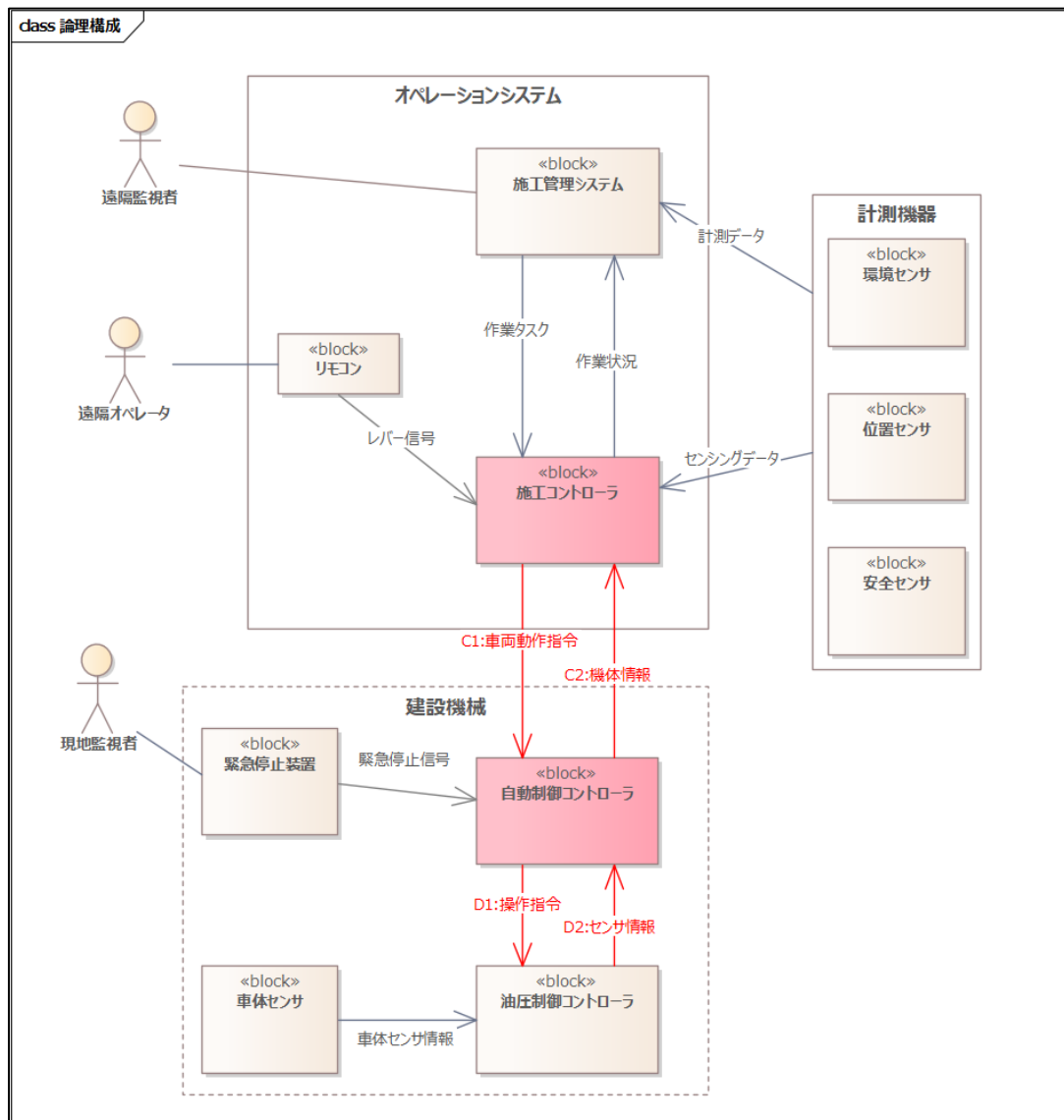


図1 共通制御信号によりデータ交換を行う機器構成

土木研究所技術推進本部先端技術チーム

別紙1 油圧ショベルの掘削積み込み動作におけるデータ辞書（データ要素）案

黄色網かけは新規で追加した値域

分類	分類体系 項目値	データ要素 概念名	名前	定義テキスト	データ源	データ 識別子	値域名
車両動作指令	刃先位置制御設定	X座標	pos_x_1	刃先の目標X座標	システム	C1_1_1	length_4
		Y座標	pos_y_1	刃先の目標Y座標	システム	C1_1_2	length_4
		Z座標	pos_z_1	刃先の目標Z座標	システム	C1_1_3	length_4
		クォータニオンW	quat_w_1	刃先の目標クォータニオン角度	システム	C1_1_4	real_number_1
		クォータニオンX	quat_x_1	刃先の目標クォータニオンXベクトル	システム	C1_1_5	real_number_1
		クォータニオンY	quat_y_1	刃先の目標クォータニオンYベクトル	システム	C1_1_6	real_number_1
		クォータニオンZ	quat_z_1	刃先の目標クォータニオンZベクトル	システム	C1_1_7	real_number_1
		刃先移動速度	moving_velocity_1	刃先の目標移動速度	システム	C1_1_7	velocity_1
	アクチュエータ操作設定	旋回角度	swing_angle_1	下部走行体に対する上部旋回体の角度	システム	C1_2_1	angle_1
		ブーム角度	boom_angle_1	ブーム目標角度	システム	C1_2_2	angle_1
		スティック角度	stick_angle_1	スティック目標角度	システム	C1_2_3	angle_1
		バケット角度	bucket_angle_1	バケット目標角度	システム	C1_2_4	angle_1
		旋回角速度	swing_ang_vel_1	旋回角速度	システム	C1_2_1	angular_velocity_1
		ブーム角速度	boom_ang_vel_1	ブーム角速度	システム	C1_2_2	angular_velocity_1
		スティック角速度	stick_ang_vel_1	スティック角速度	システム	C1_2_3	angular_velocity_1
		バケット角速度	bucket_ang_vel_1	バケット角速度	システム	C1_2_4	angular_velocity_1
	走行操作設定	移動速度	velocity_1	車両目標速度	システム	C1_3_1	velocity_1
		移動角速度	angular_velocity_1	車両目標角速度	システム	C1_3_2	angular_velocity_1
	刃先軌跡制御設定						
	アタッチメント操作設定						
機体情報	車両情報	旋回角度	swing_angle_2	下部走行体に対する上部旋回体の角度	センサ	C2_1_1	angle_1

検討中

検討中

土木研究所技術推進本部先端技術チーム

		ブーム角度	boom_angle_2	ブーム角度	センサ	C2_1_2	angle_1
		スティック角度	stick_angle_2	スティック角度	センサ	C2_1_3	angle_1
		バケット角度	bucket_angle_2	バケット角度	センサ	C2_1_4	angle_1
		バケットチルト角度	bucket_tilt_angle_1	バケットチルト角度	センサ	C2_1_5	angle_1
		バケットローテータ角度	bucket_rotator_angle_1	バケットローテータ角度	センサ	C2_1_6	angle_1
		走行速度	vehicle_velocity_1	下部走行体中心位置の移動速度	センサ	C2_1_7	velocity_1
		走行角速度	vehicle_angular_velocity_2	下部走行体中心位置の移動角速度	センサ	C2_1_8	angular_velocity_1
	機械稼働状態	燃料残量	remaining_fuel_1	建設機械の燃料容積残量	燃料計	C2_2_1	rate_percent_1
		尿素水残量	urea_water_1	建設機械の尿素水容積残量	尿素水計	C2_2_2	rate_percent_1
		作動油温	hydraulic_temperature_1	油圧タンク内での油圧作動油の温度	センサ	C2_2_3	celsius_temperature_1
		原動機回転速度	engine_speed_1	原動機の回転速度	センサ	C2_2_4	rotational_frequency_1
		緊急停止状態	emergency_stop_state_1	緊急停止装置の状態（オン・オフ）	センサ	C2_2_5	condition_1
	機械動作完了通知	完了動作種別	control_complete_type_1	機械操作支援データによる操作要求に対する動作完了状態の種別	システム	C2_3_1	control_type_1
		完了動作状態	control_complete_state_1	機械操作支援データによる操作要求に対する動作完了状態	システム	C2_3_2	control_result_1
操作指令	操作レバー入力	旋回	swing_1	旋回レバー入力	システム	D1_1_1	rate_percent_1
		旋回動作方向	swing_direction_1	旋回動作方向入力	システム	D1_1_2	direction_1
		ブーム	boom_1	ブームレバー入力	システム	D1_1_3	rate_percent_1
		ブーム動作方向	boom_direction_1	ブーム動作方向入力	システム	D1_1_4	direction_1
		スティック	stick_1	スティックレバー入力	システム	D1_1_5	rate_percent_1
		スティック動作方向	boom_direction_1	スティック動作方向入力	システム	D1_1_6	direction_1
		バケット	bucket_1	バケットレバー入力	システム	D1_1_7	rate_percent_1

土木研究所技術推進本部先端技術チーム

		バケット動作方向	bucket_direction_1	バケット動作方向入力	システム	D1_1_8	direction_1	
	走行レバー入力	左クローラ	left_track_1	左クローラ走行レバー入力	システム	D1_2_1	rate_percent_1	
		左クローラ動作方向	left_track_direction_1	左クローラ動作方向入力	システム	D1_2-2	direction_1	
		右クローラ	right_1	右クローラ走行レバー入力	システム	D1_2-3	rate_percent_1	
		右クローラ動作方向	right_track_direction_1	左クローラ動作方向入力	システム	D1_2-4	direction_1	
	アタッチメント入力							検討中
	車両設定入力	エンジン始動	engine_ignition_1		システム	D1_3_1	condition_1	
		エンジン停止	engine_stop-1		システム	D1_3_2	condition_1	検討中
		油圧ロック	hydraulic_lock_1		システム	D1_3_2	condition_1	
		エンジン出力設定	engine_speed_setting_1		システム	D1_3_3	rate_percent_1	
センサ情報		パワーモード						検討中
		走行モード						
	角度情報	旋回	swing_1	下部走行体に対する上部旋回体の旋回角度	センサ	D2_1_1	angle_1	
		ブーム	boom_1	ブーム角度	センサ	D2_1_2	angle_1	
		スティック	stick_1	スティック角度	センサ	D2_1_3	angle_1	
		バケット	bucket_1	バケット角度	センサ	D2_1_4	angle_1	
	角度速度情報	旋回	swing_1	旋回角速度	センサ	D2_2_2	anglu	
		ブーム	boom_1	ブーム角速度	センサ	D2_2_3	angular_velocity_1	
		スティック	stick_1	スティック角速度	センサ	D2_2_4	angular_velocity_1	
		バケット	bucket_1	バケット角速度	センサ	D2_2_5	angular_velocity_1	
	車体姿勢情報	ロール	roll_1	水平面における上部旋回体ロール角度	センサ	D2_3_1	angular_velocity_1	
		ピッチ	pitch_1	水平面における上部旋回体ピッチ角度	センサ	D2_3_2	angular_velocity_1	

土木研究所技術推進本部先端技術チーム

別紙2 油圧シヨベルの掘削積み込み動作におけるデータ辞書（値域）案

黄色網かけは新規で追加した値域

表現形式クラス名	概念定義域名	値域名	データ型名	データ型体系参照	測定 の 単位名	測定 の 単位精度	値域最大文字数	値域書式	値項目	非列挙型値域記述	注釈
quantity	angle	angle_1	real	-	rad	-	-	-	-	-	-
quantity	angular_velocity	angular_velocity_1	real	-	rad/s	-	-	-	-	-	-
code	control_type	control_type_1	integer	-	-	-	1	-	0:作業機操作停止 1:作業機操作開始 2:アクチュエータ操作停止 3:アクチュエータ操作開始 4:走行停止 5:走行開始 6:アタッチメント操作停止 7:アタッチメント操作開始	-	-
code	contorol_result	control_result_1	integer	-	-	-	1	-	0:成功 1:失敗	-	-
quantity	length	length_4	real	ISO 15143	m	3	7	####	N/A	none	-
text	real_number	real_number_1	real	ISO 15143	N/A	-	100	real number	N/A	-	-
quantity	velocity	velocity_1	real	ISO 1000	m/s	1	4	real number	N/A	more than 0	-
quantity	thrmodynamic_temperature	celsius_temperature	real	ISO 1000	degrees Centi	-	-	real number	N/A	-	-
quantity	rotational_frequency	rotational_frequency	real	ISO 1000	min ⁻¹	-	-	real number	N/A	-	-
code	condition	condition_1	integer	ISO 15143	N/A	N/A	1	0:OFF not 0:ON	N/A	-	-
code	direction	direction_1	integer	ISO 15143	N/A	N/A	1	0:reverse not 0:forward	N/A	-	-
rate	rate_percent	rate_percent_1	real	ISO 15143	non-dimensio	1	4	###.#	N/A	N/A	% expression

項目	記入例(xml スキーマによる記述)
車体動作指令	<ul style="list-style-type: none"> ・ 刃先位置制御指令の例 <pre> <WorkDeviceSetting PositonX="5.000" PositonY="0.000" PositonZ="1.000" QuaternionW="0.70107" QuaternionX="0" QuaternionY="0" QuaternionZ="0.70107" MovingVelocity="0.500" /> </pre> <ul style="list-style-type: none"> ・ アクチュエータ操作設定の例 <pre> <ActuatorControlSetting SwingAngle="0.000" BoomAngle="-0.8" StickAngle="2.000" BucketAngle="1.000" SwingAngularVelocity="0.000" BoomAngularVelocity="0.500" StickAngularVelocity="0.600" BucketAngularVelocity="0.500" /> </pre> <ul style="list-style-type: none"> ・ 走行操作設定の例 <pre> <TravelControlSetting Velocity="1.000" AngularVelocity="0.000" /> </pre>
機体情報	<ul style="list-style-type: none"> ・ 車両情報の例 <pre> <VehicleInformaiton SwingAngle="0.000" BoomAngle="-0.800" StickAngle="2.000" BucketAngle="1.000" BucketTiltAngle="0.000" BucketRotateAngle="0.000" VehicleVelocity="0.000" VehicleAngularVelocity="0.000" /> </pre>

土木研究所技術推進本部先端技術チーム

別紙4 自動制御コントローラ、油圧制御コントローラ間共通制御信号（案）の実装例

通信仕様

プロトコル	J1939
ボーレート	250kbps
フォーマット	Intel format

用語

ACU:Automation Control Unit（自動制御コントローラ）

HCU:Hydraulic Control Unit（油圧制御コントローラ）

データフィールド

D1_1:Control message#1(Swing, Boom, Stick, Bucket Command)

Message Info	Start Byte	Stop Byte	Start Bit	Stop Bit	Data name	Definition	Explanatory comment
Name:Control message#1 PGN:00FF00~00FFFF Rate:10ms Direction:ACU to HCU	1	1	7	8	Swing command	Part of propotional swing command(0.1%/bit)	bits 1-2 of 10bits unsigned value
			6	6	Swing direction command	Swing direction command	0 = forward, 1 = reverse
			5	5	Swing command status	Enable/disable of swing command	0 = command enable, 1 = command disable.
			4	1	Not in use		
	2	2	1	8	Swing command	Part of propotional swing command(0.1%/bit)	bits 3-10 of 10bits unsigned value
	3	3	7	8	Boom command	Part of propotional boom command(0.1%/bit)	bits 1-2 of 10bits unsigned value
			6	6	Boom direction command	Boom direction command	0 = rising, 1 = lowering
			5	5	Boom command status	Enable/disable of boom command	0 = command enable, 1 = command disable.
			4	1	Not in use		
	4	4	1	8	Boom command	Part of propotional boom command(0.1%/bit)	bits 3-10 of 10bits unsigned value
	5	5	7	8	Stick command	Part of propotional stick command(0.1%/bit)	bits 1-2 of 10bits unsigned value
			6	6	Stick direction command	Stick direction command	0 = pushing, 1 = crowding
			5	5	Stick command status	Enable/disable of stick command	0 = command enable, 1 = command disable.
			4	1	Not in use		
	6	6	1	8	Stick command	Part of propotional stick command(0.1%/bit)	bits 3-10 of 10bits unsigned value
	7	7	7	8	Bucket command	Part of propotional bucket command(0.1%/bit)	bits 1-2 of 10bits unsigned value
			6	6	Bucket direction command	Bucket direction command	0 = crowding, 1 = dumping
			5	5	Bucket command status	Enable/disable of bucket command	0 = command enable, 1 = command disable.
			4	1	Not in use		
	8	8	1	8	Bucket command	Part of propotional bucket command(0.1%/bit)	bits 3-10 of 10bits unsigned value

土木研究所技術推進本部先端技術チーム

D1_2:Control message#2(Left/Right Tracks, EngineSpeed, Engine On/Off, Hydraulic Lock On/Off, Etc.)

Message Info	Start Byte	Stop Byte	Start Bit	Stop Bit	Data name	Definition	Explanatory comment
Name:Control message#2 PGN:00FF00~00FFFF Rate:100ms Direction:ACU to HCU	1	1	7	8	Left track command	Part of propotional left track command(0.1%/bit)	bits 1-2 of 10bits unsigned value
			6	6	Left track direction comma	Left track direction command	0 = forward, 1 = reverse
			5	5	Left track command status	Enable/disable of left track command	0 = command enable, 1 = command disable.
			4	1	Not in use		
	2	2	1	8	Left track command	Part of propotional left track command(0.1%/bit)	bits 3-10 of 10bits unsigned value
	3	3	7	8	Right track command	Part of propotional right track command(0.1%/bit)	bits 1-2 of 10bits unsigned value
			6	6	Right track direction comm	Right track direction command	0 = forward, 1 = reverse
			5	5	Right track command statu	Enable/disable of right track command	0 = command enable, 1 = command disable.
			4	1	Not in use		
	4	4	1	8	Right track command	Part of propotional right track command(0.1%/bit)	bits 3-10 of 10bits unsigned value
	5	5	1	1	Engine On/Off	Engine On/Off command	0 = Off, 1 = On
			2	2	Hydrauric Lock On/Off	Hydrauric Lock On/Off command	0 = Off, 1 = On
			3	4	Power Mode		depends on the manufacturer
			5	5	Travel Mode	Travel mode setting	0 = Fast(rabbit), 1 = Low(turtle)
			6	8	No in use		
	6	6	1	8	Engine Speed Ratio	Propotional engine speed(1%/bit)	unsinged value(0~100%)
	7	7	1	8	No in use		
	8	8	1	8	No in use		

D2_1:Angle Information(swing, boom, stick,bucket)

Message Info	Start Byte	Stop Byte	Start Bit	Stop Bit	Data name	Definition	Explanatory comment
Name:Angle Information PGN:00FF00~00FFFF Rate:10ms Direction:HCU to ACU	1	1	1	8	Swing angle	Part of swing angle(360/65535 deg/bit)	bits 1-8 of 16bits singed value
	2	2	1	8	Swing angle	Part of swing angle(360/65535 deg/bit)	bits 9-16 of 16bits singed value
	3	3	1	8	Boom angle	Part of boom angle(360/65535 deg/bit)	bits 1-8 of 16bits singed value
	4	4	1	8	Boom angle	Part of boom angle(360/65535 deg/bit)	bits 9-16 of 16bits singed value
	5	5	1	8	Stick angle	Part of stick angle(360/65535 deg/bit)	bits 1-8 of 16bits singed value
	6	6	1	8	Stifck angle	Part of stick angle(360/65535 deg/bit)	bits 9-16 of 16bits singed value
	7	7	1	8	Bucket angle	Part of bucket angle(360/65535 deg/bit)	bits 1-8 of 16bits singed value
	8	8	1	8	Bucket angle	Part of bucket angle(360/65535 deg/bit)	bits 9-16 of 16bits singed value

D2_2:Angular Velocity Information(swing, boom, stick,bucket)

Message Info	Start Byte	Stop Byte	Start Bit	Stop Bit	Data name	Definition	Explanatory comment
Name:Angular Velocity Information PGN:00FF00~00FFFF	1	1	1	8	Swing angular velocity	Part of swing angular velocity(360/65535 deg/s/)	bits 1-8 of 16bits singed value
	2	2	1	8	Swing angular velocity	Part of swing angular velocity(360/65535 deg/s/)	bits 9-16 of 16bits singed value

土木研究所技術推進本部先端技術チーム

Rate:10ms Direction:HCU to ACU	3	3	1	8	Boom angular velocity	Part of boom angular velocity(360/65535 deg/s/	bits 1-8 of 16bits singed value
	4	4	1	8	Boom angular velocity	Part of boom angular velocity(360/65535 deg/s/	bits 9-16 of 16bits singed value
	5	5	1	8	Stick angular velocity	Part of stick angular velocity(360/65535 deg/s/	bits 1-8 of 16bits singed value
	6	6	1	8	Stifck angular velocity	Part of stick angular velocity(360/65535 deg/s/	bits 9-16 of 16bits singed value
	7	7	1	8	Bucket angular velocity	Part of bucket angular velocity(360/65535 deg/s/	bits 1-8 of 16bits singed value
	8	8	1	8	Bucket angular velocity	Part of bucket angular velocity(360/65535 deg/s/	bits 9-16 of 16bits singed value

D2_3:Main Body Orientation Information(roll, pitch)

Message Info	Start Byte	Stop Byte	Start Bit	Stop Bit	Data name	Definition	Explanatory comment
Name:Main Body Orientation Information PGN:00FF00~00FFFF Rate:10ms Direction:HCU to ACU	1	1	1	8	Roll angle	Part of roll angle of main body(360/65535 deg/b	bits 1-8 of 16bits singed value
	2	2	1	8	Roll angle	Part of roll angle of main body(360/65535 deg/b	bits 9-16 of 16bits singed value
	3	3	1	8	Pitch angle	Part of pitch angle of main body(360/65535 deg/	bits 1-8 of 16bits singed value
	4	4	1	8	Pitch angle	Part of pitch angle of main body(360/65535 deg/	bits 9-16 of 16bits singed value
	5	5	1	8	Not in use		
	6	6	1	8	Not in use		
	7	7	1	8	Not in use		
	8	8	1	8	Not in use		